

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování



**Analýza vlivu konstrukce puškového náboje na
jeho funkci**

**Analysis of the Design Influence of the Rifle
Cartridge on its Function**

Student:

Jaromír Vicher

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jan Komenda, CSc.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student:

Jaromír Vicher

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace:

50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo

Téma:

Analýza vlivu konstrukce puškového náboje na jeho funkci
Analysis of the Design Influence of the Rifle Cartridge on its Function

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Proveďte teoreticko-experimentální analýzu vlivu konstrukčního řešení puškového náboje ráže 308 Win na jeho funkční vlastnosti. K naplnění jádra zadání využijte teoretické analýzy i výsledky střeleckého experimentu podle upřesnění vedoucího BP.

1. Charakteristika a rozdělení střeliva pro ruční zbraně.
2. Konstrukce puškových nábojů ráže 308 Winchester (dále jen nábojů).
3. Historie vývoje nábojů ráže 308 Win.
4. Postupy výroby nábojů přebíjením, právní aspekty přebíjení.
5. Konstrukční a funkční charakteristiky nábojů.
6. Analýza vlivu rozptylu navážky prachu, hloubky usazení střely, opotřebení nábojnice, mazání střely, tvaru střely na funkci náboje ráže 308 Win.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996.

Komenda, J. *Střelivo LSOZ*. [Skriptum]. Ostrava: VŠB-TU, FS, 2010.

Hýkel, J.: *Náboje do ručních palných zbraní*. Praha: NV, 2002.

Přebíjecí manuály.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

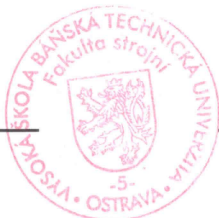
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jan Komenda, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

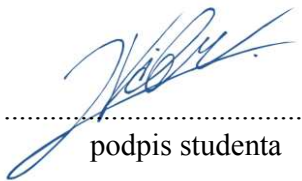


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2018



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2018



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jaromír Vicher

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Werichova 661/29, Olomouc

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VICHER, Jaromír. *Analýza vlivu konstrukce puškového náboje na jeho funkci*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. VŠB - technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování. Vedoucí práce Jan Komenda.

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu konstrukce náboje ráže .308 Winchester pro účely přebíjení. Úvodní kapitoly jsou věnovány obecné rozpravě o střelivu do ručních planých zbraní, jeho členění, konstrukčním a funkčním charakteristikám, kterými je následně popsán náboj ráže .308 Winchester. V další kapitole je popsán historický vývoj tohoto náboje a co mu předcházelo. Další kapitola je věnována popisu pracovního postupu při výrobě nábojů ráže .308 Winchester přebíjením s popisem jednotlivých operací, vstupních a výstupních parametrů. Předposlední kapitola analyzuje přebíjení z hlediska právního systému České republiky. Poslední kapitola je věnována popisu a demonstraci vlivu vybraných konstrukčních parametrů na funkci náboje ráže .308 Winchester pomocí střeleckého experimentu.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

VICHER, Jaromír. *Analysis of the Design Influence of the Rifle Cartridge on its Function*. Ostrava, 2018. Bachelor thesis. VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design. Thesis head Jan Komenda.

Bachelor thesis is focused on analysis of .308 Winchester rifle cartridge design for reloading purposes. Introduction chapters are devoted to overall discussion about ammunition of hand-operated firearms, its division, design and functional characteristics, which are then used for description of .308 Winchester rifle cartridge. In next chapter is described historical background of the .308 Winchester and what was preceded. Next chapter is dedicated to the description of .308 Winchester reloading workflow with further focus on every particular operation, its input and output parameters. Penultimate chapter is analyzing legal aspects of reloading in the Czech republic. The very last chapter deals with description and demonstration of some design parameters influence on the functionality of .308 Winchester rifle cartridge using the shooting experiment.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	- 10 -
Úvod.....	- 12 -
1 Charakteristika a rozdělení střeliva do ručních palných zbraní.....	- 13 -
1.1 Charakteristika střeliva.....	- 13 -
1.2 Rozdělení střeliva.....	- 14 -
2 Konstrukční a funkční charakteristiky nábojů.....	- 17 -
2.1 Konstrukce střel - 18 -	
2.2 Konstrukce nábojnic.....	- 22 -
2.3 Konstrukce zápalek	- 24 -
2.4 Výmetné náplně	- 26 -
3 Konstrukce puškového náboje .308 Winchester	- 28 -
3.1 Střela	- 28 -
3.2 Nábojnice	- 29 -
3.3 Zápalka	- 29 -
3.4 Výmetná náplň	- 29 -
3.5 Náboj 7,62x51 NATO	- 29 -
4 Historie náboje .308 Winchester	- 31 -
4.1 Pozadí vývoje	- 31 -
4.1.1 Náboj .276 Pedersen	- 31 -
4.1.2 Náboj .300 Savage	- 32 -
4.2 Poválečné období	- 33 -
4.2.1 Zrod 7,62x51	- 33 -
4.2.2 Další vývoj	- 35 -
4.2.3 Vývoj odstřelovačského střeliva	- 36 -
5 Postupy výroby nábojů .308Win přebíjením.....	- 40 -
5.1 Čištění nábojnic.....	- 40 -
5.1.1 Abrazivní cesta	- 40 -
5.1.2 Neabrazivní cesta.....	- 41 -
5.2 Kontrola nábojnice	- 42 -

5.2.1	Mechanické poškození	- 42 -
5.2.2	Chemické poškození	- 43 -
5.3	Odzápkování a rekalibrace	- 44 -
5.4	Zarovnání krčku nábojnice	- 46 -
5.5	Ozápkování	- 47 -
5.6	Plnění výmetné náplně	- 48 -
5.6.1	Rychlost hoření	- 48 -
5.6.2	Balistická hustota (nabíjecí hustota)	- 49 -
5.6.3	Laborace bezdýmného prachu	- 50 -
5.7	Usazení střely	- 50 -
5.8	Konečná kontrola	- 51 -
6	Právní aspekty přebíjení	- 53 -
6.1	Nabývání do vlastnictví	- 53 -
6.2	Skladování a zabezpečení	- 55 -
6.3	Přebíjení	- 57 -
7	Analýza vlivu vybraných konstrukčních parametrů na funkci náboje	- 60 -
7.1	Metodika	- 60 -
7.2	Použité komponenty	- 61 -
7.2.1	Nábojnice	- 61 -
7.2.2	Střela	- 61 -
7.2.3	Zápalka	- 62 -
7.2.4	Výmetná náplň	- 62 -
7.3	Etalonová sada	- 62 -
7.4	Opotřebení nábojnice	- 63 -
7.5	Mazání střely	- 65 -
7.6	Hloubka usazení střely	- 69 -
7.7	Tvar střely	- 71 -
7.8	Navážka výmetné náplně	- 74 -
7.9	Poznámka k rozptylům	- 75 -
7.10	Posun středního bodu zásahu	- 76 -

7.11	Závěr.....	- 77 -
8	Závěr.....	- 79 -
	Seznam použité literatury	- 80 -

Seznam použitých zkratk a symbolů

ČÚZZS –	Český úřad pro zkoušení zbraní a střeliva
DMR –	Designated marksman rifle. Puška přesného střelce – většinou samonabíjecí puška vybavená zvětšujícím optickým zaměřovačem.
FMJ –	Full metal jacket. Pláštěvaná střela se zcela zakrytým jádrem.
FMJBT -	Full metal jacket, boat tail. Pláštěvaná střela se zcela zakrytým jádrem a zkosenou zadní částí.
HPBT -	Hollow point, boat tail. Pláštěvaná střela s dutinou v přední části a zkosenou zadní částí.
NATO -	North Atlantic Treaty organisation. Severoatlantická aliance.
PDW –	Personal defence weapon. Dlouhá zbraň jednotlivce, používající pistolové střelivo.
SBZ -	Střední bod zásahu.
SP -	Soft point. Pláštěvaná střela s odhaleným jádrem na hrotu.
c -	Balistický koeficient. [$\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$]
c_0 -	Počáteční spalovací prostor. [m^3]
C_p -	Průřezové zatížení střely. [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$]
C_q -	Poměrná hmotnost střely. [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
d -	Ráže střely. [m]
EE -	Počáteční energie střely. [J]
G1; G7 -	Balistické koeficienty podle Karpova. Liší se modelem etalonové střely. [$\text{lb} \cdot \text{in}^{-2}$].
i -	Koeficient tvaru střely. [1]
J_y -	Příčný moment setrvačnosti. [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]
J_x -	Podélný moment setrvačnosti. [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$]

KJ_x -	Koeficient setrvačnosti. [1]
l_x -	Opravový koeficient počáteční rychlosti, kde x je ovlivňující parametr. [1]
MOA -	Minute of arc / Minute of angle. Jednotka vyjadřující rozptyl střelby v úhlových minutách.
m_q -	Hmotnost střely. [kg]
PE -	Tormentační tlak střely. [bar]
PK -	Konstrukční tlak náboje. [bar]
P_{max} -	Maximální tlak spotřebního náboje. [bar]
S_δ -	Odporová plocha střely [m ²]
v_0 -	Počáteční energie střely. [m·s ⁻¹]
$2e_l$ -	Charakteristický rozměr prachového zrna. [m]
$2R_{100}$ -	Nejmenší průměr kruhu, do kterého se vejde 100 % zásahů v terči. [m]
χ_n -	Součinitel lahvovitosti nábojnice. [1]
Δ -	Hustota prachové náplně. [kg·m ⁻³]
ω -	Hmotnost výmetné náplně. [kg]

Úvod

Tato práce je zaměřena na střelivo do ručních palných zbraní, především však na puškový náboj .308 Winchester, jeho přebíjení a zhodnocení vlivu konstrukčních parametrů na jeho funkci. V textu jsou popsány základní konstrukční parametry střeliva do ručních palných zbraní, jejich specifik a účel. Je zde také popsán historický vývoj náboje .308 Winchester.

Ve své druhé části se práce zaměřuje na přebíjení. Je provedena analýza zákonných předpisů souvisejících s přebíjením a je popsán pracovní postup přebíjení s důrazem na bezpečnostní aspekty manipulace se střeliviny. Na závěr jsou vyhodnoceny dopady, v přebíjení nejčastěji volených, konstrukčních parametrů náboje na funkci zbraňového systému.

Pro zájemce o přebíjení může práce sloužit, jako základní náhled do této problematiky a poskytnout elementární znalosti nutné k dalšímu vzdělávání v této oblasti.

1 Charakteristika a rozdělení střeliva do ručních palných zbraní

1.1 Charakteristika střeliva

Střelivo do ručních palných zbraní je charakterizováno jako sestava mechanických součástí a výbušnin, sloužících k uskutečnění jediného výstřelu. Konkrétní konstrukční uspořádání se řídí podle definovaného konečného určení. Střelivo do ručních palných zbraní, z pravidla náboje (v sestavě obsahující pevnou střelu) a nábojky (bez pevné střely) fungují na principu přeměny chemické energie na energii mechanickou odhoříváním výmetné náplně za současného vývinu prachových plynů, jejichž tlak je zužitkován k pohonu mechanických částí zbraňového systému. Především se jedná o vymetení střely, a pohon závěrového mechanismu.

U nábojek bývá zužitkování tlaku prachových plynů specifické pro jednotlivé aplikace, například pohon expanzních zbraní a přístrojů, zdroj akustického tlaku, přeměna skupenství a vymetení chemické dráždivé látky nebo urychlení střely, která není součástí sestavy nábojky.

Protože se jedná o konstrukční celky obsahující výbušniny, třaskaviny, případně jiné pyrotechnické složky, kategorizujeme střelivo do ručních palných zbraní jako munici, resp. výbušné předměty.

Klasická koncepce náboje do ručních palných zbraní se skládá z:

- Střely.
- Nábojnice.
- Výmetné náplně.
- Zápalky.

U puškového střeliva s hromadnou střelou pro brokovnice je součástí střely navíc také:

- Speciální kontejner, ve kterém je hromadná střela uložena a která se po opuštění hlavně od brokového roje oddělí.
- Zátku (ne vždy).

Nutno doplnit, že existují i zvláštní druhy nábojů do ručních palných zbraní, které jsou svojí konstrukcí velmi specifické. Zástupcem této kategorie je například beznábojnicové střelivo, u kterého jsou střela i zápalka uloženy ve zcela spalitelné mase, která zároveň slouží jako výmetná náplň.

Střela je součástí náboje sloužící k vykonání požadovaného účinku v cíli. V závislosti na tomto požadavku se volí typ střely. Základní rozdělení střel pro ruční palné zbraně je na střely jednotné, střely hromadné a střely vícenásobné (např. Duplex, Triplex). Hromadné střely jsou ve většině případů doménou střeliva pro brokovnice. Jednotných střel vzniklo za celou historii velké množství druhů a konstrukčních řešení, odvozených od požadavku na účinek v cíli a od požadavku na specifické parametry vnitřní a vnější balistiky. Jednotné střely jsou charakterizovány tím, že zůstávají kompaktním celkem minimálně do zasažení cíle.

Nábojnice klasické koncepce je kovová (mosazná, tombaková nebo ocelová) nádoba, v jejímž nitru je uložena výmetná náplň, v ústí nábojnice je zalisovaná střela a ve dnu je zalisovaná zápalka.

Nábojnice může být i materiálově nehomogenní. Náboje pro brokovnice mají typicky kovové dno, které je spojeno s nekovovým (většinou plastovým) pláštěm.

Moderní výmetné náplně jsou střeliviny ve formě drobnozrnného granulátu. Slouží k přeměně chemické energie na mechanickou k urychlení střely v hlavní a pohonu závěrového mechanismu. Podle složení dělíme prachy používané v sestavách nábojů pro ruční zbraně na Nc – nitrocelulózové (jednosložkové) a Ng – nitroglycerinové (dvousložkové), jejichž hlavní složkou je kromě nitrocelulózy také nitroglycerin.

Zápalka je součástí náboje sloužící jako iniciátor k zažehnutí výmetné náplně. Odpálení zápalky je uskutečněno pomocí mechanického nárazu zápalníku na dno zápalky. Nárazem zápalníku dojde k deformaci zápalkové složky mezi dnem kalíšku a kovádkou, což vede k její iniciaci. Kovadlinka je buď součástí zápalky (např. typ Boxer) nebo nábojnice (typ Berdan). Zvláštní konstrukční typ zápalky s vlastní kovádkou představuje zápalka typu W209 pro náboje do brokovnic. Zápalka je, v případě nábojů se středovým zápalem, zalisovaná ve dně nábojnice. Náboje s okrajovým zápalem mají zápalkovou složku zalisovanou ve dně nábojnice.

1.2 Rozdělení střeliva

Střelivo lze rozdělit podle mnoha kritérií, odvislých od zkoumaných vlastností nebo parametrů. Základní dělení jsou podle uživatele, určení, původu, druhu zbraně, pro niž je určeno, balistického výkonu a právního zařazení.

Toto dělení není jednoznačné a v mnoha případech se prolíná. Přístupů ke kategorizaci střeliva může vznikat velké množství, závislé na tom, podle jakých kritérií je

potřeba střelivo dělit. Nejčastěji jde o faktické parametry, závisující na konstrukčních charakteristikách - konstrukce a typ střely, druh zápalu, koncepce sestavení náboje, použité materiály apod.

Podle uživatele střelivo dělíme především na střelivo pro ozbrojené složky a střelivo určené pro civilní sektor. Avšak v tomto ohledu bychom mohli uživatele rozšířit o státní instituce, pro které je používání střeliva běžné, například ČÚZZS.

Střelivo pro armádu, policii a jiné ozbrojené složky, využívající při výkonu služby palnou zbraň, je s civilním střelivem často identické. Toto rozdělení se více než jiné prolíná s rozdělením podle právního zařazení, které mezi nimi definuje ostrou hranici. Vojenské střelivo často využívá specifické konstrukce střely zajišťující funkce, se kterými se v jiných odvětvích nesetkáme, a právě tyto konstrukce jsou v civilním sektoru na území České republiky zakázané. Stejně tak naopak, některé konstrukce střel, používané k lovu zvířete jsou normami (úmluvami) mezinárodního válečného práva zakázané k použití v boji armádou.

Dělení podle určení definuje, jakou funkci střelivo plní při určeném použití. V nejzákladnějším pojetí je to střelivo ostré, cvičné a střelivo školní. Zvláštní kategorií tvoří střelivo zkušební.

Ostré střelivo slouží ke střelbě na cíl za účelem způsobení požadovaného účinku. Ostré střelivo tedy můžeme dále dělit na bojové, lovecké, sportovní, cvičné, s akustickým nebo světelným efektem. I tyto kategorie lze nadále dělit a tím blíže definovat určení. Bojové střelivo dělíme na základní, sloužící k vedení konvenční bojové činnosti proti živé i neživé síle protivníka a na střelivo speciální, vyznačující se zvláštní funkcí nebo vlastností. Speciální bojové střelivo je například stopovkové, zápalné, výbušné, odstřelovačské, určené k boji na dlouhé vzdálenosti, střelivo určené k ničení překážek (například zámků dveří), střelivo neletální a podobně.

Školní střelivo je určené především k výuce a nácviku v manipulaci se zbraní, ve střelbě a k výcviku taktického použití palné zbraně. Do této kategorie řadíme inertní střelivo tvarově a hmotností odpovídající jejich ostrému ekvivalentu.

Cvičné střelivo slouží k výcviku ve střelbě. Řadíme sem střelivo s redukováním balistickým výkonem nebo značkovací střelivo.

Zkušební střelivo je specifickou kategorií sloužící ke zkoušení a ověřování funkce a bezpečnosti zbraňového mechanismu a balisticky střeliva. Do této kategorie patří střelivo svědečné, vyrobené v mimořádné kvalitě, pro splnění přesně zadaných požadavků, střelivo přetlakové (tormentační) pro ověřování tlakové pevnosti hlavní, referenční, neboli porovnávací se známými balistickými vlastnostmi, sloužící hlavně ke kalibraci balistických měřicích přístrojů a střelivo náhradní sloužící ke zkouškám funkčnosti zbraňových systémů.

Podle původu můžeme střelivo rozdělit na sériové a nesériové. Sériové střelivo vzniká v masových produkcích za účelem zásobování velkých spotřebitelských celků – státních ozbrojených složek a obecně civilního sektoru. Nesériové nebo lépe malosériové střelivo je takové, které je vyráběno buďto pro splnění specifického požadavku (svědečné, tormentační, referenční apod.), za účelem vývojové činnosti (wildcats) nebo vyráběné individuálními uživateli pro osobní spotřebu (střelivo přebíjené).

Dělení podle zbraně, do které je střelivo určené je v základním konceptu na střelivo pro krátké a dlouhé zbraně, což se dá i nadále dělit na střelivo pistolové, revolverové a puškové. Pistolové a revolverové střelivo je výhradou zbraní krátkých s výjimkou zbraní typu PDW, které používají výhradně pistolové střelivo. Ani toto rozdělení ale není jednoznačné, neboť například za použití adaptéru lze pistolové střelivo použít v revolveru. Puškové střelivo dále dělíme na střelivo s jednotnou střelou (včetně střel podkaliberních) a s hromadnou střelou (brokové střelivo, střelivo typu flechette, tandemovou střelou duplex a triplex). I zde existuje výjimka – některé typy brokového střeliva jsou určeny ke střelbě z krátkých zbraní.

Dělení podle balistického výkonu spočívá v kategorizaci střeliva podle kinetické energie střely na ústí hlavně. V základu rozlišujeme střelivo o malém, středním a vysokém balistickém výkonu. U malého balistického výkonu je horní hranice úst'ové energie střely 600 J. Do této kategorie spadá velká většina pistolového a revolverového střeliva. Přejímovou skupinou je střelivo středního balistického výkonu mezi 600 J a 2000 J, kam spadá hlavně mikrorážové puškové střelivo a revolverové střelivo. Vysoký balistický výkon je přisuzován střelivu o vyšší úst'ové energii než 2000 J. Sem řadíme většinu puškového střeliva a několik výjimek z řad střeliva pistolového a revolverového (např. .50AE nebo .500S&W).

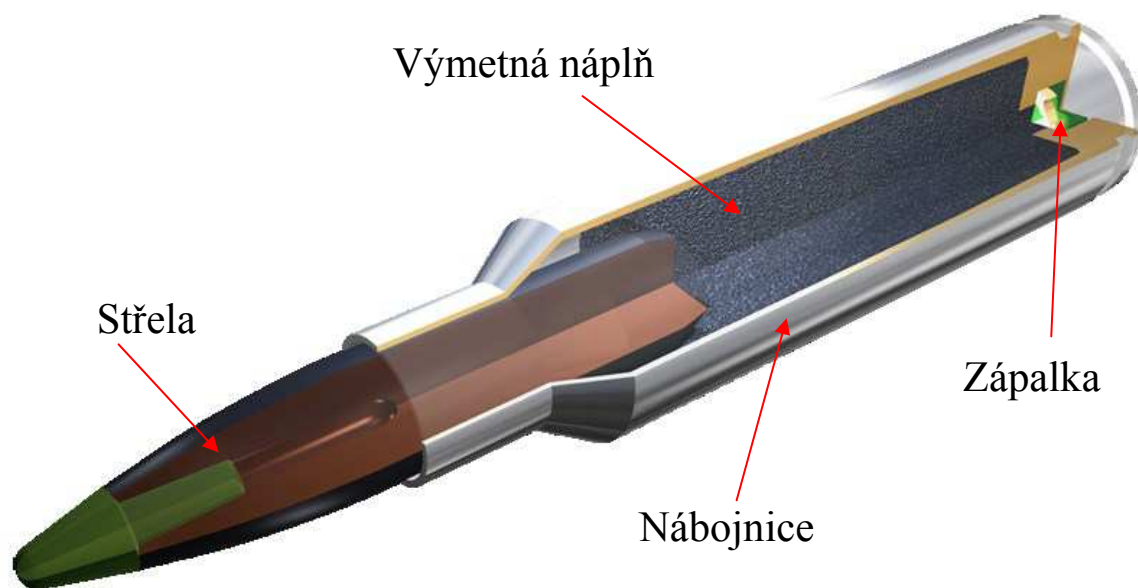
2 Konstrukční a funkční charakteristiky nábojů

Konstrukční provedení nábojů je odvozené od požadavků na funkci, kterou mají plnit. U střeliva pro ruční zbraně jde hlavně o tyto požadavky:

- V kombinaci se zbraní, do které je určen musí zajistit spolehlivý pohon mechanických částí zbraňového systému.
- Náboj musí tvořit jednotnou konstrukční sestavu.
- Náboj musí v co nejvyšší míře odolávat atmosférickým a korozivním vlivům.
- Náboj musí být dostatečně mechanicky a chemicky odolný, aby se zabránilo jeho nechtěné iniciaci nebo naopak degradaci znemožňující jeho správnou funkci.
- Jednotlivé součásti náboje musí být schopné vydržet namáhání extrémními teplotami a tlaky.
- Náboj musí svojí konstrukcí v co nejvyšší míře přispívat k přesnosti zbraňového systému.
- Střela musí v cíli plnit požadovanou funkci odvislou účelu použití na požadované vzdálenosti.

Trendem poslední doby jsou navíc i požadavky na co nejmenší ekologický dopad, což se projevuje hlavně ve snaze redukovat a nahrazovat toxické materiály.

Na základě těchto a mnohdy i dalších požadavků jsou voleny jednotlivé konstrukční prvky, jejich vzájemné uspořádání, kombinace a konstrukční materiály.



Obr.1: Řez puškovým nábojem.

2.1 Konstrukce střel

Konstrukční parametry střel jsou odvozeny od požadavků všech balistických etap výstřelu. Z hlediska vnitřní a přechodové balistiky se jedná zejména o:

- Co nejmenší přetvárný odpor při vtlačování do drážek vývrtu.
- Co nejlepší utěsnění spalovacího prostoru, a tedy co nejefektivnější zužitkování tlaku prachových plynů.
- Co nejmenší odpor proti pohybu v drážkách vývrtu hlavně.

Tyto požadavky jsou konstrukčně řešeny pomocí volby vhodných materiálů. Klíčová je vysoká tažnost a nízká tvrdost. Pláště střel jsou ve většině případů měděné slitiny - mosaz nebo tombak. Použití mosazi je výhodné jednak z hlediska tvrdosti a tažnosti a jednak z hlediska prakticky nulové toxicity, takže manipulace se střelami je bezpečná a také poměrně velké otěruvzdornosti, takže po průchodu hlavní nezanechává ve vývrtu rezidua. Tyto vlastnosti je možné ještě dále podpořit vhodným mazivem.

Některé střely nemají plášť a jsou řešeny jako kompaktní homogenní tělesa o požadovaných rozměrech a tvaru. Nejčastěji se jedná o olověné střely v pistolových a revolverových nábojích nebo v nábojích pro malorážky. Olovo je ale na rozdíl od mosazi vysoce toxické a jeho použití znamená značnou zátěž pro životní prostředí. Pro jeho unikátní vlastnosti plynoucí hlavně z vysoké hustoty a snadné mechanické zpracovatelnosti je jeho náhrada v civilním sektoru ovšem problematická. Kromě celoolověných střel se můžeme setkat i s homogenními střelami vyrobenými z mosazi či polymeru.

Utěsnění spalovacího prostoru v hlavní je dosaženo pomocí deformace střely při působení tlaku prachových plynů na její dno. Střela se ve své vodící části zařizne do drážek vývrtu, čímž se vytvoří vodící drážky, po kterých je střela vedena při průchodu vývrtem hlavně, přičemž získává rotační pohyb nutný ke gyroskopické stabilizaci.

Vhodnost použití střely pro daný rozměr vývrtu udává její ráže, která musí být shodná s ráží hlavně, ve které má být použita. Ráže střely ale neodpovídá jejímu největšímu průměru. Tento rozměr (průměr vodící části) je mezinárodně normalizován. V normách C.I.P. jej najdeme pod označením G1.

Požadavky vnější balistiky jsou hlavně odolnost střely proti působení vlivů odporujícího prostředí, ve kterém se střela pohybuje a uchování co nejvyšší kinetické energie pro účely terminální balistiky.

Vliv odporujícího prostředí je závislý hlavně na tvarových charakteristikách střel, které udávají její aerodynamické vlastnosti. Střely pro pistolové a revolverové náboje, s podzvukovou počáteční rychlostí, určené ke střelbě na krátké vzdálenosti jsou kratší, o délce 2 až 3 ráže s méně aerodynamickým tvarem – válcovým nebo monoogiválním, se zakulacenou přední částí. Naproti tomu puškové střely, vystřelované nadzvukovými rychlostmi, určené ke střelbě na dlouhé vzdálenosti musí mít mnohem aerodynamičtější tvar. Oproti pistolovým střelám jsou mnohem více protáhlé a o délce 4 – 5 ráží s protáhlou, ostřejší špičkou. U puškových střel se můžeme setkat kromě monoogiválních střel s plochým dnem i se střelami biogiválními se skosenou zadní částí. Zadní ogivál přispívá k lepší stabilizaci střely během letu a omezuje zpomalování střely vlivem podtlaku, který se tvoří za střelou při průletu atmosférou.

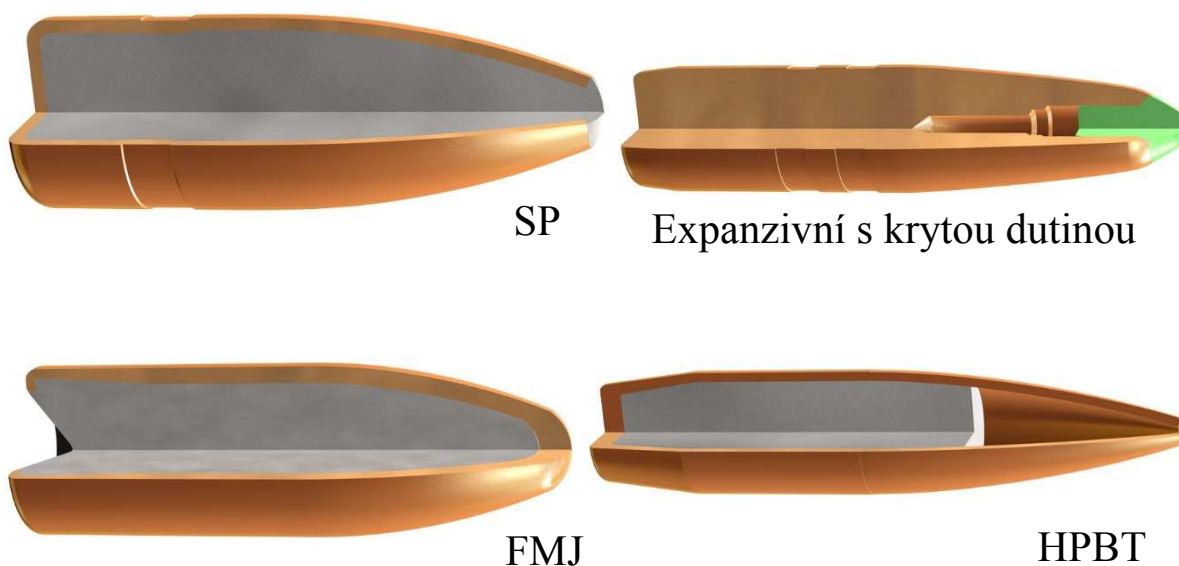
Požadavky terminální balistiky se velkou měrou podepisují na tvaru a vnitřním uspořádání střel. Protože právě v cíli střela plní svůj účel, byly pro specifické potřeby jednotlivých uživatelů, hlavně sportovních střelců, lovců, armády a policie, vyvinuty střely specifických tvarů a vlastností.

Ve sportovní oblasti, kde jsou požadavky kladeny především na konzistentní a opakovatelné letové vlastnosti, vedoucí k malým soustředěním v terči, se nejčastěji setkáme s klasickým konstrukčním uspořádáním střely s mosazným pláštěm a olověným jádrem bez zvláštních požadavků na koncovou balistiku. Výjimkou mohou být střely, které mají v přední části střížnou hranu, aby přesně vykrojily otvor v papírovém terči.

V oblasti loveckého a speciálního služebního střeliva je ale situace opačná. V závislosti na nespočtu druhů lovené zvěře byly vyvinuty lovecké střely s optimalizovaným chováním při průchodu živou tkání. Řadíme sem střely s řízenou expanzí a zvýšeným ranivým účinkem. Tyto střely jsou vnitřně a tvarově uspořádány tak, aby při zásahu živé tkáně zvětšily svoji průřezovou plochu a tím zvýšily svoji ranivost. U střel s krytou dutinou, které mají lepší aerodynamické vlastnosti, dochází k expanzi v důsledku zborcení pláště do dutiny, díky čemuž se může zaplnit tkání a dále expandovat. Puškové střelivo s řízenou expanzí je kvůli zachování příznivé aerodynamiky výhradně řešeno jako střelivo s krytou dutinou. Kromě provedení, kdy je dutina překryta pláštěm střely, se často můžeme setkat s provedením s plastovou špičkou, která se po zásahu cíle zatlačí do nitra střely a tím odkryje expanzivní dutinu, která se může naplnit živou tkání. U služebních, pistolových a revolverových expanzivních střel, je nejčastější řešení vytvoření

nekryté dutiny v přední části, která se po zásahu naplní tkání cíle a tím způsobí její expanzi.

Častým požadavkem na koncovou balistiku služebního střeliva je pronikání střel tuhým cílem (pancéřování, balistická ochrana), zápal nebo výbuch. Střelivo určené k pronikání tvrdým cílem označujeme jako průbojné. Tohle střelivo je uvnitř doplněno tvrdým kovovým jádrem, které je schopné prvotnímu nárazu odolat a tvrdým cílem proniknout. Průbojná jádra jsou nejčastěji z vysokopevnostní oceli, můžeme se ale setkat i s jádry o vyšší hmotnosti, k zajištění lepší průbojnosti v důsledku vyšší kinetické energie, například z wolframu nebo ochuzeného uranu. Mezi průbojným jádrem a pláštěm střely je, kvůli zajištění zařízení drážek vývrtu, tenká vrstva olova, tzv. olověná košilka. Zápalné a výbušné střely jsou doplněny o vhodnou pyrotechnickou slož, iniciovanou nárazem na cíl.



Obr.2: Nejpoužívanější typy puškových střel.

Základními konstrukčními charakteristikami všech střel jsou ráže a hmotnost střely, její tvarový součinitel; k odvozeným konstrukčním ch. patří průřezové zatížení, poměrná hmotnost střely, poměrná hmotnost účinné náplně, balistický koeficient střely, podélný a příčný moment setrvačnosti. K funkčním charakteristikám patří například koeficient expanze nebo průbojnost.

Poměrná hmotnost střely je definována jako celková hmotnost střely připadající na třetí mocninu její ráže:

$$C_q = \frac{m_q}{d^3}$$

Průřezové zatížení vyjadřuje poměr hmotnosti střely a plochy jejího příčného průřezu. Velký význam má hlavně ve vnější a koncové balistice. Vyjadřuje schopnost střely odolávat odporujícímu vnějšímu prostředí. Za plochu je dosazována tzv. odporová plocha střely, která je ovšem závislá na úhlu náběhu, který střela aktuálně svírá s vektorem vlastní rychlosti. V případě nulového úhlu náběhu je plocha kruhová s průměrem o velikosti ráže střely. Z hlediska vnější a koncové balistiky mají střely s vyšším průřezovým zatížením příznivější letové a penetrační vlastnosti. Z hlediska vnitřní balistiky je situace opačná, neboť k urychlení střely s vyšším průřezovým zatížením je potřeba více energie, což vede k vyšším maximálním tlakům výmetných náplní.

$$C_p = \frac{4m_q}{S_\delta}$$

Balistický koeficient vyjadřuje souhrnně schopnost střely odolávat vnějším vlivům. Přitom počítá s hmotností, ráží i tvarem střely. Tvar střely je vyjádřen koeficientem i , který je závislý na použitém zákonu odporu vzduchu.

$$c = \frac{id^2}{m_q} \cdot 10^3$$

Podélný a příčný moment setrvačnosti, respektive jejich podíl je důležitým parametrem střely, neboť určuje podmínku možnosti gyroskopické stabilizace za letu. Podélný moment setrvačnosti je vztažen k podélné ose střely:

$$J_x = K_{J_x} m_q d^2$$

Kde K_{J_x} je koeficient setrvačnosti vztažený na konstrukci střely a její vnitřní uspořádání, resp. rozložení hmotnosti. Nabývá hodnot 0,4 – 0,6. Vyšší hodnoty odpovídají střelám s dutinou, stopovkou nebo účinnou náplní.

Příčný moment setrvačnosti je vztažen k ose kolmé na podélnou osu střely, procházející jejím těžištěm. Pro zajištění gyroskopické stability střel musí platit podmínka:

$$\frac{J_y}{J_x} = 8 - 12$$

Moderní CAD systémy dokáží určit přesné hodnoty momentů setrvačnosti automaticky.

Koeficient expanze definuje míru zvětšení čelního průřezu střely po její expanzi v cíli. Je definován jako poměr průměru kružnice opisující expandovaný průměr střely a její ráže:

$$k_{ex} = \frac{d_{ex}}{d}$$

2.2 Konstrukce nábojnic

Nábojnice je ta část náboje, která slouží k:

- Spojení všech ostatních částí náboje v jeden celek.
- Ochráně výmetné náplně před atmosférickými vlivy.
- Utěsnění nábojové komory při výstřelu.
- Odvodu přebytečného tepla a nespálených zbytků z nábojové komory zbraně.

Tvar a vnější rozměry nábojnice odpovídají vnitřním rozměrům nábojové komory zbraně, pro kterou je náboj určen. Konstrukčně jsou nábojnice řešeny jako dutá, kovová nádoba vyrobená tažením a kováním za studena. Pro svoji dobrou tažnost a snadné mechanické zpracování je jako materiál nábojnice volena nejčastěji mosaz s obsahem zinku do 10 %. U staršího vojenského a levného civilního střeliva se můžeme setkat i s nábojnicemi ocelovými. Použití ocelových nábojnic, pro jejich tvrdost, klade zvláštní nároky na povrchovou úpravu nábojové komory, především v samonabíjecích zbraních. Při zavádění do nábojové komory mohou nadměrně opotřebovávat nábojovou komoru a tím snižovat životnost hlavně. Mosazné nábojnice tímto neduhem netrpí a jejich použití je výhodné i z hlediska možného opětovného použití při přebíjení.

Hlavními částmi nábojnice jsou u většiny nábojnic:

- Plášť.
- Dno, v němž je vytvořeno zápalkové lůžko (náboje se středovým zápalem).

V závislosti na typu konstrukce může mít nábojnice navíc i přechodový kužel, krček, drážku pro vytahovač, dosedací okraj nebo nákrůžek. Náboje s okrajovým zápalem zápalkové lůžko ve dně nábojnice nemají.

Nábojnice pistolového, revolverového i puškového střeliva mají shodné konstrukční a funkční charakteristiky. Z těch základních se jedná o:

- Základní tvar nábojnice.
- Kuželovitost pláště nábojnice.
- Součinitel lahovitosti (jen u lahovitých nábojnic).
- Typ konstrukčního provedení dosedací plochy nábojnice.
- Vnitřní objem nábojnice.
- Rozměr a provedení zápalkového lůžka.

U pistolového i puškového střeliva se můžeme setkat s válcovitými a lahovitými nábojnicemi. Nábojnice revolverového střeliva jsou výhradně válcovitého provedení. Pláště všech nábojnic musejí být mírně kuželovité, většinou 1:100, aby byla zajištěna spolehlivá extrakce z nábojové komory. V minulosti se objevily i nábojnice výrazně kuželovité nebo i dvojkuželovité. Tyto už ale patří spíše historii.

Lahovitost nábojnice je konstrukční charakteristika vyjadřující míru zmenšení vnějšího průměru nábojnice do oblasti krčku. Je vyjádřena jako poměr středního průměru pláště nábojnice a průměru krčku:

$$\chi_n = \frac{D_{ps}}{d_k}$$

Konstrukční provedení dosedací plochy nábojnice má velký význam z hlediska axiálního uložení náboje v nábojové komoře, čímž se velkou měrou podílí na přesnosti zbraňového systému. Poloha dosedací plochy určuje tzv. zamykací délku, což je vzdálenost opěrné plochy nábojnice od čela závěru zbraně. Čím je tato vzdálenost menší, tím je uložení náboje v nábojové komoře dokonalejší. Nejmenší zamykací délky mají okrajové nábojnice, které mají opěrnou plochu právě na výrazném okraji u dna nábojnice, který zároveň slouží jako záchytná plocha pro vytahovač. Známým příkladem je náboj 7,62 x 54 R. Naopak nejdelší zamykací délky mají drážkové lahvitě nábojnice, u kterých slouží jako opěrná plocha přechodový kužel nábojnice, například .308 Winchester (7,62 x 51 NATO) nebo .357 Sig. Mezi nimi jsou drážkové nábojnice s dosedacím nákrůžkem. Tyto mají ve spodní části těsně nad drážkou pro vytahovač nákrůžek o větším průměru než je plášť nábojnice, který slouží jako dosedací plocha. Nábojnice s nákrůžkem jsou doménou hlavně výkonnějších puškových nábojů, například .300 Winchester Magnum. Válcovité nábojnice s drážkou, jako je 9 mm Luger mají dosedací plochu na ústí nábojnice.

Vnitřní objem nábojnice je konstrukční a funkční parametr, udávající prostor, který je teoreticky možné využít. Měří se ode dna až po ústí. Po odečtení objemu, který zabírá

zalisovaná střela, dostaneme velikost počátečního spalovacího prostoru, od kterého je dále odvozena balistická hustota – velmi důležitý parametr náboje pro účely vnitřní balistiky.



Obr.3: Typy nábojnic do ručních palných zbraní. Zleva doprava: 1. Pušková, lahvovitá s drážkou; 2. Pušková, lahvovitá, okrajová; 3. Pušková, lahvovitá s drážkou a dosedacím nákrůžkem; 4. Pistolová s drážkou; 5. Revolverová, okrajová

Rozměr a provedení zápalkového lůžka jsou odvozeny od typu zápalky, použité pro konkrétní náboj. Ve dně zápalkového lůžka bývá buď jeden centrální průšlehový otvor, někdy nazývaný zátravka, pro zápalky typu Boxer nebo více otvorů (většinou 2) a kovádlinka pro zápalky typu Berdan. Typ Boxer je kvůli snazší a levnější výrobě nábojnice rozšířenější. Další výhodou je možnost snadné výměny zápalky v případě přebíjení. Typ Berdan je běžný hlavně u ocelových nábojnic. Tyto je taky možné přebíjet, ale kvůli vysokým přetvárným odporům nábojnice a nutnosti speciálních nástrojů pro odstranění staré zápalky jsou pro přebíjení nevhodné.

2.3 Konstrukce zápalek

Jediným účelem zápalky je spolehlivá iniciace výmetné náplně při odpálení.

Konstrukční provedení zápalek prošlo intenzivním vývojem. Nejstarší typ zápalky je zápalka perkusní a dále kuličkový typ Lefauchaux, který se v dnešní době již nepoužívá

a je spíše raritou. Iniciace zápalkové slože zalaborované uvnitř nábojnice došlo v důsledku úderu na kolíček, který byl rovněž součástí nábojnice.

V moderním střelivu se uplatňuje pouze tzv. okrajový a středový zápal. Náboje s okrajovým zápalem mají zápalkovou slož zalisovanou v okraji dna nábojnice a jsou iniciovány úderem zápalníku na okraj nábojnice. Náboje se středovým zápalem jsou v současnosti vrcholným vývojovým stupněm iniciátorů výmetné náplně. Zápalka je samostatnou součástí náboje zalisovanou ve středovém lůžku dna nábojnice. Existují dva typy konstrukčního provedení zápalek pro středový zápal – typ Boxer a typ Berdan.

Obě konstrukční provedení jsou řešeny jako kalíšek, na jehož dně je zalisovaná vhodná třaskavina, označovaná jako zápalková slož, překrytá krycí fólií. Typ Boxer se od typu Berdan liší tím, že je v sestavě zápalky do kalíšku zalisovaná i kovádlinka. Typ Berdan využívá k odpálení kovádlínku, která je součástí zápalkového lůžka v nábojnici.

Speciální typ zápalky pro středový zápal je zápalka typu W209, používaná v nábojích pro brokovnice. Stejně jako typ Boxer, má i W209 vlastní kovádlínku. Její největší devizou je ale fakt, že je hermeticky uzavřená a tedy velmi vhodná pro použití v extrémních klimatických podmínkách, především ve velkých mrazech.

Konstrukční charakteristiky zápalek jsou jejich průměr, výška, tloušťka dna, a hmotnost zápalkové slož. Funkčními charakteristikami jsou zážehová schopnost a horní a dolní mez citlivosti.

Celková výška a průměr zápalky určují, pro jaký náboj je zápalka použitelná. Rozlišujeme tři typy – nejmenší pistolovou zápalku a velkou a malou puškovou zápalku. Jak už název sám napovídá, pistolové zápalky se uplatňují v konstrukcích pistolového a revolverového střeliva. Malé puškové zápalky se používají u puškového střeliva s malým obsahem výmetné náplně, například .223 Remington (5,56 x 45 NATO) a velké puškové zápalky u puškového střeliva s větším množstvím výmetné náplně (.308 Winchester).

Nejpoužívanější typy zápalek jsou:

- Malá pistolová 4,4 mm SP (Small Pistol).
- Malá pušková 4,4 mm SR (Small Rifle).
- Velká pušková 5,3 mm LR (Large Rifle).

Meze citlivosti udávají množství energie potřebné k iniciaci zápalky. Dolní mez citlivosti je nejvyšší energie, při které je vyloučena iniciace zápalky. Dolní mez citlivosti je

důležitý údaj vypovídající o manipulační bezpečnosti zápalek. Horní mez citlivosti je naopak nejmenší energie nutná ke spolehlivému odpálení zápalky. Horní mez citlivosti je údaj důležitý především pro návrh bicího mechanismu zbraně. Iniciační energie se pohybují v řádech desetin Joule.

Horní a dolní mez citlivosti, resp. iniciační energie jsou charakteristiky úzce spjaté s tloušťkou dna zápalky a druhem použité slože i způsobem její laborace. Pro iniciaci je zapotřebí deformace zápalkové slože mezi dnem zápalky a kovádkou. Tloušťka dna musí být tedy volená tak, aby se vyloučilo nechtěné odpálení zápalky při nešetrné manipulaci a zároveň byla zaručena spolehlivá deformace zápalníkem, aniž by se dno protrhlo.

2.4 Výmetné náplně

Výmetná prachová náplň je vhodná střelivina sloužící jako zdroj impulsu pro pohon mechanických částí zbraňového systému, především vymetení střely a pohon závěrového mechanismu. Moderní výmetné náplně jsou tvořeny drobnozrnným sypkým granulátem na bázi nitrocelulózy. U nábojů do ručních palných zbraní se setkáváme se dvěma druhy prachu – jednosložkovými a dvousložkovými bezdýmnými prachy.

Jednosložkové výmetné náplně jsou střeliviny, v nichž je energie vázána jen v jedné chemické látce, v nitrocelulóze. Tyto označujeme jako Nc-prachy.

Rozpuštěním Nc-prachu v nitroglycerinu, který je sám o sobě mechanicky snadno iniciovatelnou, silnou výbušninou, získáme dobře tvárnou hmotu, vhodnou pro výrobu prachových zrn požadovaných tvarů. Tyto prachy označujeme jako nitroglycerinové, Ng-prachy nebo také dvousložkové prachy, neboť jejich energie je vázána ve dvou chemických látkách, v nitrocelulóze a nitroglycerinu. Oba typy se vyznačují vysokým poměrem spalitelnosti, při obsahu nespalitelných zbytků do 1 %.

Dvousložkové prachy se oproti jednosložkovým prachům vyznačují vyšší vázanou energií, nižší navlhavostí a rovnoměrnějším výkonem. Jejich Nevýhodou je vyšší výbuchové teplo, což má negativní vliv na životnost hlavně, umožňuje však dosáhnout vyšších balistických výkonů.

Bezdýmné prachy mohou obsahovat i další přísady ovlivňující vlastnosti prachu. Může jít například o flegmatizátory hoření (kafr), chemické stabilizátory (centralit), látky omezující sekundární zápal prachových plynů (NaCl), látky omezující statický náboj na povrchu zrn (grafit) a podobně.

Pro nabíjecí podmínky jsou nejdůležitější parametry hustota prachové masy, sypná hustota, balistická hustota náplně, charakteristický rozměr zrna a tvar zrna.

Hustota prachové masy vyjadřuje skutečnou hustotu vztaženou na skutečný objem a hmotnost prachového zrna.

Sypná hustota je poměr hmotnosti volně sypaného prachu a objemu, který vyplňuje včetně vzduchových mezer.

Balistická hustota vyjadřuje poměr obsahu prachové náplně a počátečního spalovacího prostoru. Balistická hustota by neměla přesáhnout hodnotu 0,95.

$$\Delta = \frac{\omega}{c_0}$$

Charakteristický rozměr zrna $2e_l$ je nejmenší rozměr zrna, po jehož prohoření prachové zrno jako celek zanikne. Hodnota charakteristického rozměru je parametr, který udává, jak dlouho prachové zrno hoří. Čím je $2e_l$ vyšší, tím déle bude zrno odhořívát.

Tvar prachového zrna definuje charakter vývinu prachových plynů v čase. Je závislý charakteristickém rozměru a na aktuální ploše zrna, která hoří. Z hlediska charakteristiky odhořívání rozlišujeme tři druhy prachových náplní. Degresivně, konstantně a progresivně hořící prachy. U ručních palných zbraní se setkáme pouze s degresivně a konstantně hořícími zrny. Prachy ve formě kuliček, destiček, válečků a kotoučků řadíme mezi degresivní prachy. Konstantní prachy mají prakticky výhradně formu trubiček.

3 Konstrukce puškového náboje .308 Winchester

Náboj ráže .308 Winchester, je puškový náboj s vysokým balistickým výkonem. Náboj je standardní nábojnicové koncepce se středovým zápalem. Za dobu existence vzniklo mnoho modifikací náboje odvozených od jeho určení. Všechny údaje v této kapitole vycházejí z normy C.I.P., tj. jsou vztaženy ke střelivu určenému pro civilní sektor.

Veličina	Maximum
Maximální tlak spotřebního náboje P_{\max}	4150 bar
Konstrukční tlak PK	4773 bar
Tormentační tlak PE	5191 bar
Úst'ová energie střely EE	3920 J

3.1 Střela

Konstrukce střel je odvozena především od požadovaného účinku v cíli na požadované vzdálenosti, ale také na její schopnosti odolávat vlivům prostředí, ve kterém se pohybuje a které mohou negativně ovlivnit její přesnost. Konstrukce střely tedy přímo vychází z požadavků všech balistických fází jejího pohybu – vnitřní, přechodové, vnější i terminální. Je zřejmé, že jiné požadavky bude mít sportovní střelec, vyžadující hlavně konzistentní chování za jakýchkoliv vnějších podmínek, jiné zase lovec těžké zvěře, zaměřený především na spolehlivou letalitu a jiné vojenský odstřelovač s úkolem vyřazení živé či neživé síly protivníka.

Náboj ráže .308 Winchester je jedním z vůbec nejrozšířenějších puškových nábojů na světě jak v civilním, tak i ve vojenském sektoru. Kromě bojové činnosti je hojně využíván i ve sportovní střelbě a lovu zvěře různých velikostí. Různé požadavky vedly muničky po celém světě k vývoji nespočtu střel různých typů, tvarů a hmotností.

Z obecných charakteristik střel náboje .308 Winchester lze vyčíst průměr vodící části střely $G_1 = 7,85\text{mm}$ a to, že střela je rotačně stabilizovaná. Doporučené stoupání vývrtu hlavně pro tento náboj se pohybuje od 254 mm do 305 mm. Pro lehčí střely je vhodnější stoupání delší a pro těžší střelu stoupání kratší. Hmotnosti střel se pohybují od 8 g do 13 g.

V moderním střelivu se nejčastěji setkáme s biogiválními střelami typu FMJBT, HPBT a mezi lovci oblíbenými SP.

3.2 Nábojnice

Nábojnice je nejčastěji mosazná nebo tombaková, méně často ocelová, lahvovitého tvaru s drážkou. Součinitel lahvovitosti je $\chi_n=1,347$. Kuželovitost pláště střely před zahrdlením je přibližně 1:100. Přechodový kužel nábojnice je dlouhý 3,86 mm. Krček je válcovitého tvaru s vnějším průměrem 8,72 mm a délkou 7,7 mm. Tloušťka stěny krčku je 0,45 mm. Vnitřní objem nábojnice, ode dna až k ústí je 3,5 cm³. Ve dnu nábojnice je válcovité zápalkové lůžko, nejčastěji s jedním, centrálním průšlehovým otvorem, méně často, především u ocelových nábojnic se dvěma průšlehovými otvory a kovadlinou.

3.3 Zápalka

U náboje .308 Winchester se můžeme setkat se třemi druhy zápalek. Standardními typy jsou velké puškové zápalky o průměru 5,3 mm typu Boxer s vlastní kovadlinou nebo Berdan s kovadlinou na nábojnici.

Výjimku tvoří náboje pro střelecké soutěže Palma. Jejich regule stanovují mimo jiné i velikost použité zápalky a to malé puškové o průměru 4,4 mm, typu Boxer.

3.4 Výmetná náplň

Neexistuje žádná univerzální výmetná náplň a její volba, stejně jako v případě volby střely vychází z požadavků na použití náboje.

Nejčastěji se lze setkat s dvousložkovými – nitroglycerinovými, bezdýmnými prachy s degresivním průběhem hoření s tvarem zrna ve formě destiček nebo kuliček.

U sportovního střeliva a v oblasti přebíjení jsou oblíbené prachy jednosložkové - nitrocelulózové, kvůli tomu, že vytváří méně nespálených úsad na povrchu hlavně. Nitrocelulózové prachy jsou dostupné jako degresivní se zrnem ve tvaru válečku nebo jako prachy s konstantním hořením se zrnem ve tvaru trubiček. Nitrocelulózový prach je použit i v současné laboraci odstřelovačského střeliva M118.

Hmotnost výmetné náplně se pohybuje mezi 2,5 a 2,8 g.

3.5 Náboj 7,62x51 NATO

Mezi náboji .308 Winchester a 7,62x51mm NATO není zdánlivě žádný rozdíl. Vnější rozměry náboje jsou totožné. Přesto však existuje důvod, proč by nemělo docházet k jejich záměně.

Rozdíl najdeme v rozměrové specifikaci nábojových komor pro oba náboje, a to konkrétně v uzamykací délce. Zatímco pro náboj .308 Winchester je uzamykací délka

41,355 mm (střední hodnota rozměrů L1 a L2), u 7,62x51mm NATO je to o 0,3137 mm více, což vede k vyšší závěrové vůli a riziku příčného přetržení nábojnice, vlivem jejího protažení při výstřelu. Nábojnice 7,62x51mm jsou pro tohle vyšší zatížení konstruované a mají oproti svojí civilní verzi zesílenou stěnu pláště nábojnice. Z pragmatického hlediska to tedy znamená, že je bezpečné používat vojenskou verzi náboje v civilních zbraních, ale naopak použití civilního střeliva ve vojenských zbraních by mohlo způsobovat příčné přetržení nábojnice.

4 Historie náboje .308 Winchester

4.1 Pozadí vývoje

Technologický pokrok v oblasti pěchotních palných zbraní, především samonabíjecích pušek a kulometů během první světové války, přinesl tyto zbraně na bojiště 20. století a tím udal směr vývoje zbraní pro boj na střední vzdálenosti do 300 m. Standardním nábojem amerických expedičních jednotek byl od roku 1906, 30-06 Springfield, pro který byly modifikovány standardní opakovací pušky Springfield M1903. První kulometry a samočinné pušky ryze americké provenience, jako například M1917 nebo M1918 BAR, byly vyvinuty taktéž pro tento náboj.

Po ukončení první světové války zbrojovky vynakládaly velké úsilí na vývoj samonabíjecích a samočinných zbraní. Bylo zřejmé, že náboj 30-06 je pro efektivní použití v této aplikaci příliš dlouhý a pro boj na střední vzdálenosti zbytečně výkonný. Závěrové mechanismy byly navíc, kvůli vysokému výkonu náboje, velmi robustní a těžké, což se projevilo na značném zpětném rázu, kvůli kterému byly zbraně nekontrolovatelné, a přesná střelba v samočinném režimu nebyla možná. Toto potvrdily i první zkušenosti z boje, především s puškou M1918 BAR.

Zadání tedy bylo jasné – vyvinout kratší ekvivalent náboje 30-06, který by umožnil použití lehčích, kratších a efektivnějších závěrových mechanismů a tím také navýšil dosažitelnou kadenci a zvýšil kapacitu zásobovacího ústrojí. Rovněž bylo jisté, že dojde k nahrazení opakovací pušky M1903, puškou samonabíjecí.

4.1.1 Náboj .276 Pedersen

S příslibem vyřešit tyto problémy přišel v roce 1923 na armádní úřad pro vyzbrojování John Douglas Pedersen. Pedersen navrhoval vyvinout samonabíjecí zbraňový systém v kalibru .276. Na základě Pedersenovy dobré reputace na poli vývoje a konstrukce zbraní, kterou si získal během svého angažmá ve zbrojovce Remington, mu byl přidělen grant, prostory pro vývoj, roční plat a příslib přepsání všech jeho patentů od Remingtonu přímo na jeho jméno, pokud bude jeho systém akceptován.

Rok 1924 přinesl výsledky práce v podobě náboje .276 Pedersen (7x51 mm). Se svojí celkovou délkou 72,5 mm a délkou nábojnice 51,4 mm byl oproti 30-06 Springfield kratší o 12,5 mm, resp. 11,9 mm. Nábojnice s menším objemem však automaticky znamená menší objem výmetné náplně. Toto se projevilo na nižší úst'ové rychlosti a o téměř 1400 J nižší úst'ové energii. Přestože snížení úst'ové energie bylo požadováno,

objevily se pochybnosti o dostatečné letalitě náboje. Rozsáhlé testování na tzv. „pig fields“¹ však prokázalo letalitu srovnatelnou s nábojem 30-06 a do vzdálenosti 300 m dokonce letalitu vyšší. Náboj .276 Pedersen byl tedy přijat, co by náhrada 30-06 Springfield v americké armádě a puška T1E3, představená v roce 1927, postoupila do vojenského testování.

Do tendru o přezbrojení armády se v roce 1928 přihlásila i zbrojovka Springfield se svojí puškou M1 Garand, původně komorovanou pro Pedersenův náboj. Na rozdíl od pušky T1E3, M1 Garand nepotřeboval pro spolehlivou funkci mít voskem mazané náboje, což byla pro polní použití velká výhoda. V armádních skladech tehdy leželo více než 2 miliardy kusů střeliva 30-06 a po tom, co si gen. Douglas McArthur nechal prověřit možnost přestavby M1 Garand na 30-06, byla verze .276 Pedersen z ekonomických důvodů v roce 1932 zavržena. Myšlenka nahrazení 30-06 upadla v zapomnění a M1 Garand byla přijata do služby po odstranění problémů spojených s přestavbou na výkonnější náboj v roce 1936.



Obr.4: John C. Garand se svojí puškou M1

4.1.2 Náboj .300 Savage

Současně s tímto vývojem probíhaly, mimo zájem o armádní tendry, ve zbrojovce Savage Arms snahy o vývoj náboje s podobou balistikou, jako 30-06 Springfield, který by nahradil méně výkonný .303 Savage v té době populárních lever-action puškách Savage model 99.

¹ Pig fields – prasečí pole. Pojmenování získalo podle skutečnosti, že se letalita střeliva testovala na prasatech pod vlivem anestetik.

V roce 1920 byl na civilní trh uveden náboj .300 Savage, který svými vlastnostmi naprosto předčil očekávání svých tvůrců. Při použití stejné 10 g střely, jako 30-06, byla počáteční rychlost pouze o 50 m/s nižší a počáteční energií nižší o 700 J při maximálním tlaku nižším o 91 MPa, což mělo pozitivní vliv na životnost hlavně. Výkonově srovnatelný náboj, se střeleckým komfortem znatelně vyšším, než 30-06, rychle nabyl na popularitě mezi lovci lehčí a středně těžké zvěře po celé Americe, Kanadě, Austrálii a Novém Zélandu. Před začátkem 2. sv. války každá významná zbrojovka v USA nabízela zbraně komorované na .300 Savage. A byl to právě .300 Savage, který se po válce stal vzorem pro vývoj .308 Winchester.

4.2 Poválečné období

M1 Garand se ve válce velmi dobře osvědčila a s ukončeným konfliktem její náhrada pozbyla urgentnosti. Puška s nábojem 30-06 dobře sloužila i během korejské války.

Ve druhé polovině 40. let a na začátku let padesátých však vznikaly různé pokusy o modernizaci M1 Garand především kvůli malé kapacitě 8-mi ranných nábojových klipsů. Vznikly různé experimentální verze s odnímatelnými zásobníky. Vznikla dokonce plně automatická verze Garandu – puška T-20 zbrojovky Springfield Armory, která, i když nebyla přijata do výzbroje americké armády, znovu poukázala na nevhodnost použití dlouhého 30-06 v samočinných ručních zbraních. Sám John Garand prohlásil, že i když jsou tyto modifikace jeho konstrukce možné, jsou velmi nepraktické. Celkově tedy starý problém příliš výkonného náboje v příliš lehké zbrani zabránil dalšímu vývoji M1 Garand, co by poloautomatické a samočinné pušky v americké armádě.

Dalším, pomyslným hřebíčkem do rakve 30-06 byl vznik Severoatlantické aliance v roce 1949 a potřeba standardizace a unifikace střeliva v rámci armád členských zemí.

4.2.1 Zrod 7,62x51

Druhá světová válka přinesla velký technický pokrok mimo jiné i v oblasti bezdýmných prachů. Ke konci války už byly náboje 30-06 laborovány s menší navázkou moderních, výkonnějších prachů beze ztráty tlaku. To vedlo ke zvyšování volného objemu nábojnice a zkonstruování ekvivalentního náboje menších rozměrů bylo tedy zdánlivě jednoduché.

Vývojem takového náboje byla hlavním úřadem pro vyzbrojování v březnu 1944 pověřena munička Frankford Arsenal ve Philadelphii, ve státě Pennsylvania. Ta měla

prověřit možnost použití nábojnice .300 Savage se standardní .30 cal. střelou používanou ve služebním náboji 30-06. Kombinací vznikl první z vývojové řady nábojů T-65.

Původní T-65 měl 2 podstatné neduhy. Krček nábojnice se zdál příliš krátký na to, aby svíral střelu dostatečnou silou při nešetrném zacházení a zbrojovka Springfield armory se obávala, že drážka pro vytahovač pušky T-25² byla příliš mělká. Krček byl tedy prodloužen o 2 mm a drážka prohloubena o 0,7 mm. Nová nábojnice dostala označení FAT1 a náboj T-65E1.

Další testování v pušce T-25 ukázalo nadměrné protahování krčku a problémy se zasekáváním nábojnice v komoře. Prostým navýšením tloušťky stěny krčku o 0,13 mm vznikla další verze nábojnice FAT1E1 a náboj T-62E2.

Poslední velkou změnou nábojnice bylo, kvůli snížení náchylnosti k příčnému přetržení, zmenšení úhlu zahrdlení z 60° na 40°, kvůli čemuž se celková délka protáhla o další 2 mm na 51 mm – vznikla nábojnice FAT1E3 a náboj T-65E3. Verze T-65E4 a T-65E5 obdržely biogivální střely FMJBT o hmotnosti 9,4 g, resp. 10 g.

Vývoj T-65 byl ukončen v roce 1951. Ovšem tou dobou bez zbraně, se kterou by mohl být zaveden do služby. Komerční potenciál nově vzniklého náboje viděla munička Winchester ammunition, která v roce 1952 k tomuto dostala od hlavního úřadu pro vyzbrojování povolení a na trh uvedla zcivilněnou verzi T-65E5 - náboj 30-80 WCF. Brzy poté došlo k přejmenování na dnes dobře známé .308 Winchester.

² T-25 a později T-44 byla experimentální lehká pěchotní puška vznikající na konci 2. sv. války. Byla vyvíjena souběžně s nábojem T-65 a s tímto nábojem byla zamýšlena jako náhrada M1 Carbine.



Obr.5: Zleva doprava: 30-06 Springfield, .300 Savage, T-65, T-65E1, T-65E2, T-65E3

O 2 roky později byl T-65E5 přijat taky jako standardní náboj ozbrojených sil NATO a po ujasnění nomenklatury přeznačen na 7,62x51 mm NATO. Do americké armády byl zaveden v roce 1956 s puškou M14.

4.2.2 Další vývoj

Přibližně ve stejnou dobu, co Američané zavedli M14, Velká Británie a Kanada vyzbrojily své armády belgickými FN FAL a západní Německo přijalo pušku G1, kterou záhy nahradila G3. Všechny 3 zbraně byly v samočinném režimu opět velmi obtížně kontrolovatelné. Kalibr .30 byl pro lehké pěchotní zbraně zkrátka příliš výkonný. M14 a FAL byly modifikovány buďto přestavbou na samonabíjecí verzi nebo byly vybaveny přepínačem režimu střelby.

Správnou cestou ke snížení zpětného rázu se ukázalo snížení hmotnosti střely tak, aby mohla být snížena navážka výmetné náplně, jako například XM256 se střelou flat base 5,3 g. Vznikaly různé experimentální verze, mezi nejzajímavější patří náboj M198 DUPLEX s dvěma tandemově uspořádanými střelami o hmotnosti 5,3 g a 5,4 g. Střely se během letu oddělily, čímž se zvyšovala pravděpodobnost zásahu. Lehké střely ale se vzrůstající vzdáleností rychle ztrácely energii a na vzdálenost vyšší než 300 m nezaručovaly vyrazení živé síly protivníka v dostatečné míře. Slibně vypadal vývoj náboje M948 a M949 (stopkovková verze) s podkaliberní střelou z wolframu nebo ochuzeného uranu. Tento smrtonosný náboj se vyznačoval velmi vysokou průbojností. Dokázal prorazit

desku z válcované oceli tl. 25 mm na vzdálenost 100 m. To je průbojnost přibližně srovnatelná s kalibrem .50 BMG. Avšak s cenou přezbrojení bezmála 8 \$ za náboj bylo jeho zavedení do výzbroje příliš drahé. Navíc v kulometech M60 se střely při vysoké teplotě hlavně, často vzpříčily ve vývrtu a prorazily stěnu hlavně.



Obr.6: Vlevo: M198 DUPLEX; Vpravo: M948

Až do války ve Vietnamu probíhalo testování zkoumající efektivitu použití 7,62x51 v lehkých pěchotních zbraních. Jeden test vedle druhého ukázal, že kontrolovaná palba dávkou 4 ran způsobí nepříteli vyšší ztráty než těžko kontrolovatelná palba v plně automatickém režimu a to bez ohledu na použitý kalibr. Menší náboj znamená menší hmotnost a tedy více neseného střeliva při stejné zátěži. Tyto a mnohé další poznatky nakonec vedly k tomu, že americká armáda začala v roce 1964 přezbrojovat řadové vojáky puškou M16A1 komorovanou na náboj 5,56x45 mm NATO.

Pro náboj 7,62x51 mm to ale rozhodně neznamenalo vyřazení ze služby. Pro svoje vlastnosti plynoucí z vysokého výkonu i na dlouhých vzdálenostech zůstal ve výzbroji jako náboj do zbraní zvláštního určení – odstřelovacích pušek, DMR, nesených a lafetovaných kulometů. Další vývoj byl tedy zaměřen na zvyšování dostřelu i přesnosti a optimalizaci účinků v cíli.

4.2.3 Vývoj odstřelovačského střeliva

V letech 1961 a 1962 probíhalo v odstřelovačské škole ve Ft. Benning testování různých laborací náboje 7,62x51 s cílem najít náboj (experimentální označení XM118)

s nejpříznivější rychlostní charakteristikou a přesností pro pušku M14 National Match³. V roce 1963 byl vybrán náboj muničky Frankford Arsenal T265, původně vyvíjený pro mezinárodní soutěže ve střelbě do 300 m. O rok později toto střelivo obdrželi armádní odstřelovači pod označením „M118 Match Cartridge“.

M118 používal stejnou 11,21 g FMJBT střelu, jako náboj M76 ráže .30-06. Měla olověné jádro s 10 % obsahem antimonu v mosazném plášti s 10 % obsahem zinku. Zkosení zadní části bylo 5,7 mm dlouhé pod úhlem 9°. Prvojakostní nábojnice byla osazena zápalkou Boxer, typ 43 (jakostní pro přesné střelivo). Počáteční rychlost střely byla 777 m/s. První M118 se ukázaly být velmi přesné v obou odstřelovačských systémech M40 a M21 a ve válce ve Vietnamu dokázaly být velmi efektivní.

Časem, jak se výrobní nástroje na výrobu střel opotřebovávaly, M118 začala znatelně ztrácet na kvalitě. Hmotnost střel postupně kolísala v rozmezí 11,145 g až 11,34 g a USMC v roce 1972 oznámila potřebu navýšit přesnost a kvalitu střeliva M118. Na základě této a dalších stížností ze strany armády, Frankford Arsenal investoval nemalé prostředky na obnovu strojového parku, ovšem bez kýžených výsledků. Armáda v roce 1976 zpřísnila technické požadavky na dodávané střelivo ve snaze donutit výrobce k významnějším změnám v produkci, ale opět marně.

Během 70. let navíc došlo k několika významným změnám ve výrobě M118. Dvě z nich, které měly nejzávažnější, negativní dopad na kvalitu produkce byly změna nábojnice a zápalky na stejný typ, jako u střeliva M80, používaného v kulometech.

Poté, co se spojené státy stáhly z Vietnamu, USMC se zavázala, že bude pokračovat ve zlepšování svého odstřelovačského programu i v době míru a že budou pracovat na neustálém zlepšování svojí výzbroje a výstroje. První významnou změnou bylo přijetí střeliva, tehdy známého jako „mexican match“⁴, které vzniklo prostou změnou střely v náboji M118 za komerční střelu HPBT 10,9 g Match King společnosti Sierra. Tahle laborace, označená jako M852, znamenala značný pokrok v přesnosti – nástřely 10 ran byly běžně o 50 % užší než s M118. Co ale zabránilo novému náboji v zavedení, jako náboje bojového, byla právě střela typu HPBT. Ta má ve špičce dutinu, která ústí do malého otvoru na hrotu střely, a proto byla klasifikována jako expanzivní. Použití takovéto střely v boji by odporovalo ženevským konvencím, neboť by se jednalo o střelu,

³ National Match – výběrová verze nejvyšší jakosti určená pro odstřelovačské úlohy.

⁴ Pojmenování mexican match odkazovalo na to, že tato laborace byla poprvé použita na střeleckých závodech PanAm v Mexico city.

způsobující nadměrné utrpení a proto byl náboj M852 určen pouze pro terčovou střelbu. M118 na konci 80. let doznala přeznačení na M118SB (special ball). Samozřejmě nové jméno nemělo žádný vliv na vlastnosti náboje.

Na začátku devadesátých let byl po výzkumu terminální balistiky náboj M852 schválen jako bojový a rychle nahradil M118. Testy ukázaly, že otvor na ústí dutiny je příliš malý na to, aby v měkké tkáni došlo k expanzi náboje a jeho terminální balistika se významně neliší od střely typu FMJBT, což potvrdily i zkušenosti lovců zvěře v civilním sektoru.

Samozřejmě ani M852 nebyla bez neduhů. Střela Sierra Match King byla určena pro sportovní střelbu do 300 m a s použitím na dlouhé vzdálenosti se nepočítalo. Zúžení v zadní části bylo oproti M118 kratší a ostřejší pod úhlem 13°. Problém nastal ve chvíli, kdy střela zpomalila na transsonickou rychlost ve vzdálenosti okolo 650 m. Proudnice vzduchu se odtrhly od zadního kužele, střela ztrácela stabilitu a přesnost rapidně klesala.

Řešení přišlo po nové specifikaci požadavků na odstřelovačské střelivo M118LR (Long Range)⁵ v roce 1993. Na zadání společnost Sierra rychle zareagovala výrobou prototypu se svojí střelou ze série Match King, tentokrát ovšem o hmotnosti 11,34 g se zadním zúžením pod úhlem 9°, jako v původních M118. V roce 1996 proběhlo testování nového střeliva s velmi dobrými výsledky i za hranicí 900 m. Do výzbroje vstoupil v roce 1998 a je úspěšně používán do dnešního dne.

Když se na začátku nového tisíciletí přesunulo bojiště do pouštních oblastí Iráku a Afghánistánu, tamní extrémní výkyvy teplot během 24 hodin odhalily výraznou závislost rychlosti hoření prachové náplně M118LR na atmosférické teplotě. V tomto důsledku silně kolísající počáteční rychlost střely měnila nástřelnou vzdálenost. Dalším neduhem stávající prachové náplně byl výrazný úst'ový záblesk, kvůli kterému byla pozice střelce za snížené viditelnosti snadněji odhalena.

Podnět k vyřešení těchto problémů a dalšímu navýšení standardů odstřelovačského střeliva tentokrát zadalo Navy Special Warfare Centre (NSWC) s těmito požadavky:

- Rozptyl počáteční rychlosti střely musí být nejvíce 4,5 m/s, kvůli zlepšení seskupenosti zásahů ve vertikálním směru.

⁵ Aby USMC obešlo byrokratické procesy spojené s časovou náročností a dalšími náklady na klasifikaci nového střeliva, pouze upravilo požadavky v již existující nomenklatuře M118.

- Seskupenost 10 ran ve vzdálenosti 550 m se musí vejít do kruhu o průměru nejvíce 178 mm a ve vzdálenosti 275 m do kruhu o průměru nejvíce 89 mm. Obě hodnoty odpovídají přibližně 1,1 MOA.
- V co nejvyšší míře musí být potlačen úst'ový zášleh.
- Střela musí mít ve vzdálenosti 914 m supersonickou rychlost.

Tohle všechno v rozsahu teplot od -30° C do 74° C.

Byla otestována kombinace 20 různých výmetných náplní o různých navážkách a 15 různých střel. Jako vítězná střela byla opět zvolena Sierra Match King FMJBT 11,34 g a nový NG, válečkový prach IMR 4064 v navážce 2,7 g s obsahem CaCO₃, který drasticky snížil úst'ový zášleh. Náboj je kompletovaný v komerční nábojnici sportovní řady Gold Medal Match společnosti Federal se zápalkou typu Boxer téže řady, téhož výrobce. Hned první výsledky se ukázaly být excelentní s rozptylem okolo 0,5 MOA na obou předepsaných vzdálenostech. Jediným atributem, který se nepodařilo splnit, byl rozptyl rychlostí v závislosti na okolní teplotě, který dosahoval 6,4 m/s. I to ale je oproti bezmála 70 m/s původního M118LR obrovské zlepšení.

Náboj v současnosti nahrazuje M118LR pod označením M118 Special Ball Long Range Mk316 Mod 0. Nutno podotknout, že snahy o vylepšení jsou stále aktuální a v testování už je i Mod 1 a ve vývoji dokonce Mod 2.

Je zřejmé, že vývoj vojenského 7,62x51 mm jde ruku v ruce s vývojem civilní .308 Winchester. Za více než půl století své existence si dokázal vydobýt pozici nejuniverzálnějšího náboje jak v armádě, tak i mezi lovci a sportovními střelci a navzdory tomu, že některé armády začínají experimentovat s moderními náboji, jako například 6,5x47 Lapua, 7,62x51 mm si svoji pozici pravděpodobně ještě dlouho udrží.

5 Postupy výroby nábojů .308Win přebíjením

Technologický postup sestavení náboje se skládá z celkem osmi po sobě jdoucích úkonů, kterým budou podrobněji věnovány jednotlivé podkapitoly. Některé z nich lze vypustit, avšak vzhledem k tomu, že cílem je sestavení především pro uživatele bezpečného náboje, je vhodné dodržet všechny. Na začátku předpokládáme použití již vystřelené nábojnice (ozápalkované použitou zápalkou).

K přebíjení nábojů je nutné mít k dispozici jisté specifické technické zázemí. Jedná se zejména o:

- Přebíjecí lis.
- Sada přebíjecích matric specifických pro danou ráži (odzápalkovací a rekalibrační matrice, matrice na zalisování střely, volitelně zaškrcovací matrice).
- Zápalkovací lis.
- Jemné váhy.
- Dávkovač prachu.
- Trychtýř z antistatického plastu.
- Nástroje na opracování nábojnice (frézy na hrdlo a krček nábojnice a na čištění zápalkového lůžka).
- Posuvné měřítko.

Existují i další pomůcky pro přebíjení, ty ale většinou jen slouží k urychlení, resp. zpřesnění práce. Například různé kalibry, automatické prachovače, apod.

5.1 Čištění nábojnic

Na začátku celého procesu je nutné nábojnice očistit od karbonových úsad vzniklých při ochlazení prachových plynů. Očištěním v co možná největší míře se dosáhne toho, že se usazeniny nebudou dostávat do přebíjecích matric a tím snižovat jejich životnost a čistý náboj při dalším použití nebude zanášet nábojovou komoru. Očištěná mosaz se navíc mnohem snáze kontroluje na mechanické poškození.

Protože neexistuje žádné rozpouštědlo uhlíku, veškeré čištění je na mechanické bázi. Existují dva hlavní způsoby, jak nábojnice čistit: tzv. abrazivní cestou a neabrazivní cestou, popřípadě jejich kombinací.

5.1.1 Abrazivní cesta

Jak už název sám napovídá, abrazivní cesta znamená čištění nábojnic pomocí brusného média, které veškerou špínu z nábojnic seškrábe.

Toto se nejčastěji provádí pomocí vibračních praček. Buben pračky se spolu s nábojnicemi zaplní také tvrdým brusným médiem, které pomocí silných vibrací, během několika hodin, veškeré karbonové reziduum z nábojnic odstraní, a to včetně vnitřních ploch. Jako abrazivo se nejčastěji používají drcené skořápky vlašských ořechů, drcená kukuřice, keramické válečky a ocelové jehličky. Jedná se o velmi efektivní a produktivní způsob čištění nábojnic. V závislosti na velikosti bubnu lze takto čistit až několik set kusů nábojnic najednou.

Další, velmi efektivní a rychlý způsob čištění nábojnic, zvláště při přebíjení malého počtu, kde by byla vibrační pračka časově nevýhodná, je použití běžného čistícího prostředku s obsahem abrazivních částic. Nábojnice se takto čistí ručně pomocí papírové utěrky, na kterou je tento prostředek nanesen. Tekutá složka se do papíru vsákne a my tak získáme brusný papír o velmi vysoké zrnitosti, kterým z nábojnice setřeme veškeré úsady. U tohoto způsobu je třeba být při výběru čističe opatrný a zaměřit se na jeho složení. V žádném případě se nesmí používat čisticí prostředek s obsahem amoniaku, který mosaznou nábojnice degraduje a způsobuje tzv. sezónní praskání, zvláště u nábojnic, které nejsou během výrobního procesu vyžíhané na odstranění vnitřního pnutí. Je také obtížnější očištění vnitřního prostoru nábojnice, to ale není bezpodmínečně nutné.

Velkou výhodou abrazivního způsobu čištění je navíc i fakt, že se nábojnice nemusí nijak sušit nebo jinak ošetřovat před dalším krokem přebíjení.

5.1.2 Neabrazivní cesta

Neabrazivní čištění v současnosti spočívá především ve využití ultrazvukových čističek. Nábojnice se ponoří do nádrže, ve které ultrazvukový generátor vytváří homogenní ultrazvukové pole. Toto pole způsobuje intenzivní kmitání molekul kapaliny na povrchu nábojnic, což způsobuje jejich ohřátí a tvorbu malých kavitačních center, které narušují vazbu mezi základním materiálem a nečistotami, které jsou následně z povrchu spláchnuty.

Čištění ultrazvukem je velmi účinné, avšak v běžně dostupných velikostech van není příliš produktivní a nábojnice se po celém procesu musí důkladně usušit, což je velmi zdoluhavý proces. Výhodou, na druhou stranu, je možnost přidání chemického leštidla, po jejichž aplikaci nábojnice mohou vypadat opravdu jako nové a také to, že tímto způsobem lze velmi snadno čistit i zápalkové lůžko, pakliže jsou nábojnice již zbavené použité zápalky.

5.2 Kontrola nábojnice

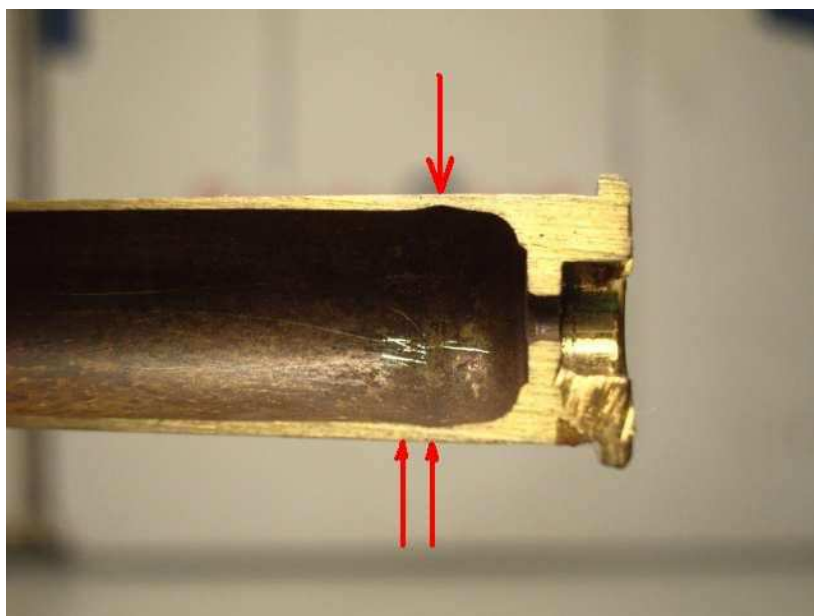
Vizuální kontrolou použité nábojnice můžeme odhalit mnoho problémů, které nemusí souviset jen se střelivem, ale mohou poukázat i na špatný technický stav zbraně. V rámci přebíjení, prvotní kontrola nábojnice slouží především k ověření její další použitelnosti.

5.2.1 Mechanické poškození

Očištěnou nábojnici kontrolujeme na jakékoliv známky mechanického poškození, jako jsou vrypy, důlky, trhliny, vyboulení nebo zřetelné tvarové změny.

Kritická místa, která jsou při výstřelu nejvíce namáhána, jsou především ta, kde nábojnice mění svůj tvar, tzn., oblast zahrdlení, kde je zároveň nejtenčí stěna a kde jsou poškození nejvíce patrná.

Zvláště u nábojnic, které jsou během přebíjení rekalibrovány celé, by měla být pozornost věnována také tělu nábojnice, kde může vznikat lokální zúžení stěny, které může vést až k příčnému přetržení. Tohle se projevuje zřetelně lesklejším kroužkem patrným po celém obvodu nábojnice. Je-li tato oblast odhalena, je nutné ověřit stav vnitřní stěny například tenkým ohnutým drátem, kterým se přejede vnitřní stěna ode dna až k ústí. V místě poškození by měla být patrná nerovnost a v tomto případě se musí nábojnice vyřadit.⁶ Pakliže žádná nerovnost patrná není, může se jednat o výduť způsobenou expanzí v poškozené nábojové komoře.



Obr. 7: Lokální zúžení stěny nábojnice

⁶ Dobrým zvykem je vyřazenou nábojnici nenávratně zničit.

Velmi specifické jsou poškození způsobená příliš silnou laborací, tedy příliš vysokou navázkou spojenou s vysokým tlakem prachových plynů. První známkou tohoto problému bývá zploštělá zápalka, na které již není patrný radius kalíšku a důlek od zápalníku je ohraničený ostrými nerovnostmi. Doprovodný jev je vytlačené čelo závěru do dna nábojnice (zřetelný bývá vyhazovač) a silně deformovaný nebo prasklý přechodový kužel. Rekalibrace a další použití takovéto nábojnice by bylo velmi nebezpečné a je nutné ji opět vyřadit.

Zápalka by také měla projít vizuální kontrolou. Zploštělost a ostré nerovnosti kolem místa nárazu zápalníku mohou poukazovat buďto na příliš silnou laboraci nebo na velkou vůli mezi zápalníkem a otvorem pro zápalník v čele závěru. Kontura v důlku vypovídá o technickém stavu zápalníku.

Mírně protažený krček nábojnice je přípustné poškození, které bude odstraněno při dalším zpracování.

5.2.2 Chemické poškození

Pokud jsou na nábojnici zřetelné stopy rozkladu materiálu nebo jakákoliv jiná chemická reakce s okolním prostředím, je nepřípustné takovou nábojnici nadále používat. Struktura materiálu může být narušena a jeho vystavení vysokým tlakům může být nebezpečné. Nábojnice musí být skladovány v suchém prostředí a nikdy by neměly přijít do kontaktu s amoniakem nebo amoniakálními parami, které mohou způsobit tzv. sezónní praskání.

Sezónní praskání je jev poprvé popsán britskými vojáky působícími v tehdy koloniální Indii. Během sezóny monzunových dešťů, kdy byly vojenské operace v útlumu, byla munice skladována v suchu, v koňských stájích. Později mělo velké množství, takto uskladněných nábojů, popraskané nábojnice hlavně v oblasti krčku. Příčinou tohoto jevu byly právě amoniakální výpary z koňské moči, které společně s vnitřním pnutím v materiálu nábojnice, vzniklým během tváření za studena, způsobily jejich popraskání.

Amoniak reaguje s mědí, obsaženou v mosazi, za vzniku tetraaminměďnatého kationtu $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, který je rozpustný ve vodě a při zvýšené atmosférické vlhkosti může být z praskliny vypláchnut. Při delší expozici se prasklina prohlubuje až dosáhne kritické meze a vnitřní pnutí nábojnici roztrhne.

Odstranění tohoto problému spočívá především v eliminaci korozivního prostředí a v žíhání na odstranění vnitřního pnutí při výrobě nábojnice.



Obr.8: Sezónní praskání mosazi

5.3 Odzápalkování a rekalibrace

Dále je nutné použitou nábojnici zbavit staré zápalky typu Boxer. To se děje při protažení nábojnice první, rekalibrační matricí, jejíž součástí je i trn, který nejdříve starou zápalku vytlačí ven a následně slouží jako opěrná plocha vnitřní stěny krčku nábojnice při jeho přetváření.

Nábojnice při výstřelu v nábojové komoře vlivem tlaku expanduje. Smyslem rekalibrace je přetváření nábojnice na její původní rozměry tak, aby byla zajištěna její spolehlivost v nabíjecím systému zbraně a aby bylo možné pevné zalisování nové střely. Nábojnice může být buďto zkalibrovaná celá, což je vhodné při užívání nábojů ve více než jedné zbraně, nebo je možné kalibrovat pouze krček.

Přetváření samotného krčku se používá pouze, pokud se daný náboj nabíjí do stejné zbraně, ze které byl vystřelen naposledy. Při prvním výstřelu se tělo nábojnice dokonale přizpůsobí nábojové komoře a při dalším použití materiál nábojnice netrpí na cyklované namáhání, což má pozitivní vliv na její životnost. Navíc se tím lépe vymezí závěrová vůle, takže axiální uložení náboje v komoře je dokonalejší.

Předtím, než bude nábojnice vtlačena do matrice, je dobré na její vnější povrch aplikovat tenký olejový film. Tím se zabrání jejímu odírání v matrici, sníží se přetvárný odpor a zároveň se průběžně domazává mechanismus matrice. Z běžně dostupných maziv

je vhodný např. řepkový olej, aplikovaný nasáknutou houbičkou nebo silikonové mazivo ve spreji. Na trhu jsou dostupná i specializovaná plastická maziva, avšak v jejich případě je nutné dávat pozor na to, aby byla řádně po povrchu rozetřena a nevznikaly hrudky, které by mohly pod tlakem nábojnici promáčknout. Mazivo se nesmí dostat do vnitřního prostoru nábojnice! Především tekutá maziva jsou vyráběna s ohledem na co nejlepší zatékavost a vzlínavost. Už velmi malé množství maziva by mohlo kontaminovat výmetnou náplň a tím ovlivnit charakter hoření. Největší riziko ale spočívá v tzv. diesel efektu – vznícení oleje pod vysokou teplotou a tlakem a navýšení tlaku v nábojové komoře. Mazivo by také mohlo kontaminovat zápalkovou slož a tím ovlivnit schopnost zápalu, což může vést k selhání náboje.

Nejčastější principy rekalibrace krčku jsou buď kleštinou nebo tzv. bushingem.

Princip rekalibrace kleštinou je nejrozšířenější. Nábojnice je lisem dopravena až do pozice v dosahu kleštiny. Dalším vyvinutým tlakem na páku lisu se uvede do pohybu mechanismus matrice, který přes šikmou plochu sevře krček nábojnice a tím zmenší jeho průměr. Vnitřní průměr je dán odzápalkovacím trnem. Po uvolnění tlaku se nábojnice vlivem elasticity roztáhne zpět přibližně o 10 %.

Bushing je naproti tomu tvárnice s přesně vystruženým vnitřním průměrem, do něhož je krček nábojnice lisován postupně v celé délce. Tento způsob je mnohem preciznější a elasticita materiálu není tak patrná, takže je střela zalisována mnohem spolehlivěji. Nutno dodat, že bushingová matrice a příslušná tvárnice je přibližně dvakrát dražší než kleštinová matrice. Navíc každá munička produkuje nábojnice s mírně odlišnou tloušťkou stěny, a proto je nutné používat přesnou tvárnici pro specifického výrobce nábojnic. Při používání použitých nábojnic z více zdrojů může být tento proces velmi nákladný a zdlouhavý.



Obr.9: Vnitřní uspořádání a rozpad odzápalkovací a rekalibrační matrice

5.4 Zarovnání krčku nábojnice

Výstřel samotný a přetváření nábojnice při rekalibraci způsobuje protahování krčku nábojnice. Tohle protažení je nežádoucí a mohlo by způsobit problémy při extrakci nábojnice z nábojové komory.

Je tedy potřeba posuvným měřítkem překontrolovat celkovou délku nábojnice a v případě, že je překročena tolerance daná normou C.I.P., musí být pro spolehlivou funkci krček o délkový rozdíl zkrácen. Zarovnání krčku je žádoucí i v případě, že je protažení po obvodu nerovnoměrné.

K tomu slouží speciální čelní fréza naváděná trnem skrz průšlehový otvor zápalky. Tím je zajištěna minimální čelní házivost obrobené plochy na ústí nábojnice. Po zkrácení na požadovanou délku se musí hrany odjehlít kvůli ochraně nábojové komory a taky aby se střela při zalisování neodírala o hranu ústí nábojnice. K tomu slouží ruční tvarové odjehlovací frézy.



Obr.10: Ruční nástroje na opracování nábojnice

5.5 Ozápalkování

Před zalisováním nové zápalky musí být zápalkové lůžko a průšlehový otvor zbaveno nespálených zbytků ze zápalkové složky. Poté se za pomoci specializovaného ručního lisu zalisuje zápalka nová. Při tomto kroku je na místě zvýšená opatrnost, a i když je to velmi nepravděpodobné, musí se pracoviště uzpůsobit riziku nechtěné iniciace zápalky. To znamená používat ochranné pomůcky, především ochranné brýle nebo obličejový štít a bezdýmný prach držet v uzavřeném obalu. V praxi se tedy nejprve ozápalkují všechny nábojnice a až poté se manipuluje s výmetnou náplní.

Nejčastější chybou při zápalkování je nedostatečná hloubka zalisování, což lze snadno napravit přelisováním, a proto by se měla inspekce provést okamžitě a ne až po laboraci prachem. Riziko iniciace zápalky je stále aktuální.

Další častá chyba je způsobená nepozorností při přebíjení, kdy se zápalka do nábojnice zalisuje obráceně. Proti tomuto zápalkovací lisu nijak ošetřeny nejsou a záleží pouze na individuální odpovědnosti přebíječe.



Obr.11: Ruční zápalkovací lis

5.6 Plnění výmetné náplně

Množství výmetné náplně, laborované do náboje je závislé na mnoha faktorech, z nichž většinu běžný uživatel není schopen dohledat a bez odborných znalostí, na jejich základě ani množství určit. Je nutné řídit se doporučením výrobce prachu, zda se jedná o produkt vhodný k laboraci konkrétní ráže a striktně se držet rozmezí doporučených minimálních a maximálních navážek. Existují však parametry, které je vhodné při výběru správného prachu vzít do úvahy.

5.6.1 Rychlost hoření

Zcela zásadním parametrem je rychlost hoření prachu. Výrobci většinou neudávají konkrétní naměřenou hodnotu rychlosti hoření. To je totiž přímo závislé na teplotě a tlaku okolí a žádné normované počáteční podmínky nejsou stanovené. Ve většině případů se tedy setkáváme s prostou kategorizací rychle, středně a pomalu hořících prachů. Čím rychleji prach odhořívá, tím rychleji je dosaženo maxima tlakové křivky a samozřejmě také dřívější dohoření. Jedním ze základních vnitrobalistických požadavků je, aby 100 % prachové navážky dohořelo v hlavní předtím, než ji střela opustí. Z této jednoduché úvahy by se mohlo zdát, že rychle hořící prachy jsou univerzálním řešením. Toto tvrzení je ale nebezpečně špatné. Náboje s malou kapacitou spalovacího prostoru potřebují použití takového prachu, který se rychle zažehne, rychle odhoří a vytvoří dostatek prachových plynů k dosažení dostatečného tlaku, který urychlí střelu na požadovanou rychlost předtím, než opustí hlaveň. Tohle je typický příklad prachů určených pro přebíjení pistolových ráží.

Pokud bychom ale použili větší navážku stejného prachu v náboji s velkým objemem spalovacího prostoru, mohlo by dojít k nárůstu tlaku v hlavni příliš rychle, což by mohlo vést až k destrukci zbraně! Znovu je tedy na místě ctít doporučení výrobce a používat pro přebíjení dané ráže jen ty prachy, které jsou k tomu určeny a navážku volit v doporučeném rozmezí.



Obr.12: Roztržení hlavně v její první polovině je typickým znakem použití nevhodného, rychle hořícího prachu.

Aby vývin tlaku v hlavni byl co nejrovnoměrnější, platí poučka, že rychlejší prachy se používají ve zbraních s kratšími hlavními, jako jsou zbraně typu AR15 s délkou hlavně do 460 mm a s narůstající délkou hlavně se volí pomalejší výmetné náplně. Například magnumové ráže s délkami hlavní běžně i 760 mm se laborují výhradně pomalu hořícími prachy.

Náboj .308 Winchester stojí někde mezi oběma extrémy. Nejčastější nabývají hlavně pro tento náboj délek mezi 510 mm a 660 mm. Pro tuto ráži jsou nejvhodnější rychle až středně rychle hořící prachy.

5.6.2 Balistická hustota (nabíjecí hustota)

Balistická hustota je parametr náboje odvozený od sypné hustoty (angl. „bulk density“) prachu, tedy jaká hmotnost volně sypaného prachu připadá na jednotku objemu. Balistická hustota udává procentuální podíl zaplnění volného objemu nábojnice výmetnou

náplní. Předtím, než se začne s ostrým přebíjením, měl by si přebíječ ujasnit, jak hluboko bude usazená střela, a tedy jak velký bude počáteční spalovací prostor.

Balistická hustota by neměla být menší než 80 %, což by způsobilo posunutí maxima tlakové křivky směrem k ústí hlavně a počáteční rychlost střely by byla příliš nízká. Takto malá navážka by navíc mohla být v náboji při iniciaci nerovnoměrně rozprostřena. To by vedlo k nerovnoměrnému zážehu i hoření a vývinu tlaku.

Nedoporučuje se balistickou hustotou přesáhnout 95 % kvůli tomu, aby zášleh od zápalky měl dostatečný prostor ke konzistentnímu zápalu výmetné náplně. Balistická hustota nikdy nesmí dosáhnout hodnoty vyšší než 100 %, tzn., střela nesmí navážku prachu v nábojnici stlačovat!

5.6.3 Laborace bezdýmného prachu

Tato operace je poměrně intuitivní. Na přesných vahách, s rozlišením alespoň 0,01 grs ($\approx 6,5$ mg)⁷, které se před použitím kalibrují pomocí sady různých závaží, se odměří požadovaná hmotnost prachu, který se následně nasype do ozápalkové nábojnice.

K manipulaci s bezdýmným prachem se používají nástroje z antistatického plastu. K usnadnění a značnému urychlení práce se používají automatické prachovačky, na kterých se regulačním šroubem nastaví objem prachu odpovídající požadované navážce. Následně se pouze přesypává prach ze zásobníku přes odměřovací prostor přímo do nábojnice.

5.7 Usazení střely

Na začátku je nutné vědět, jak hluboko je potřeba střelu usadit. Jediným technickým požadavkem, který je nutné splnit, je, že celková délka náboje po zalisování střely musí být v tolerančním poli, který udává norma C.I.P.

Přebíjení dává možnost vyladit celkovou délku náboje tak, aby doběh byl optimální pro konkrétní zbraň. U přesného střeliva, laděného na konkrétní zbraň, se odstup pohybuje okolo 0,2 mm. K určení správné délky slouží posuvné kalibry, kterými se dá délka nábojové komory změřit velmi přesně. Střela se nesmí dolisovávat uzamčením závěru zbraně! Axiální síla potřebná k překonání přetvárného odporu střely při vtlačování do drážek se skládá ze složky od působení tlaku prachových plynů na dno nábojnice a ze složky od zrychlení střely ve volném prostoru před přechodovým kuželem. V případě

⁷ Většina přebíjecích manuálů používá pro stanovení množství výmetné náplně hmotnostní jednotku grain [grs].

dolisování střely závěrovým mechanismem zbraně je tento prostor zcela vymezen a silová složka od zrychlení je tedy nulová. K překonání přetvárného odporu střely je tedy potřebná větší síla od tlaku prachových plynů na dno střely, což vede ke zvýšení tlaku v nábojové komoře.

Hloubka usazení se reguluje regulačním šroubem na usazovací matici. Regulační závit je v provedení s vymezenou vůlí a regulace je přesná. Některé provedení usazovacích matic mají navíc měřicí nonius.

Zalisováním střely je proces výroby náboje ukončen a technicky vzato, je náboj připravený k nabití do zbraně. Z bezpečnostních důvodů je však nutné náboj znovu překontrolovat.



Obr.13: Řez usazovací maticí

5.8 Konečná kontrola

Na konci celého procesu je dobré hotový náboj, kvůli bezpečnosti, znovu překontrolovat. Minimálně by se mělo:

- Setřít přebytečné mazivo.
- Přeměřit celkovou délku náboje.
- Zkontrolovat správnost zalisování zápalky.
- Překontrolovat náboj na otlaky, deformace, otřepy, vrypy a jiná poškození.

Do obalu s hotovými náboji je vhodné vložit list s výrobními údaji:

- Aktuální počet recalibrací nábojnic.
- Celková délka náboje.
- Množství a typ použité výmetné náplně.
- Typ a hmotnost střely.
- Datum výroby.

6 Právní aspekty přebíjení

Právní otázka přebíjení vychází z faktických požadavků právního subjektu, který hodlá přebíjet. V této práci se zaměřím pouze na potřeby fyzické osoby, která hodlá přebíjet pro vlastní potřebu. Nepředpokládá se tedy podnikání na poli zbraní a střeliva a provozování střelnice, vystavování komponent a zkompletovaných nábojů a prodej komponent nebo zkompletovaných nábojů. Jedná se zejména o požadavky:

- Nabývání do vlastnictví jednotlivých komponent nábojů a technického vybavení k přebíjení.
- Skladování a zabezpečení jednotlivých komponent nábojů a zkompletovaných nábojů.
- Přebíjení nábojů.
- Použití přebíjených nábojů ke střelbě.

Ne všechny tyto požadavky jsou postihnuty českým právním systémem. Regulace nastavuje zejména zákon č.119/2002 Sb. o zbraních (dále jen „zákon o zbraních“) s příslušnými prováděcími předpisy.

Střelivo přebíjené – střelivo, které využívá již použitých nábojnic.⁸

Příloha zákona o zbraních klade podmínku použití již použitých nábojnic ke kompletaci náboje, aby bylo střelivo považováno za přebíjené. To, de iure znamená, že pokud je náboj zkompletován s použitím nové nábojnice, nejedná se o přebíjené střelivo. Z hlediska sémantiky je to jistě správná definice, avšak z praktického hlediska, kdy je běžná a zcela legální výroba nábojů v domácích podmínkách s použitím nových nábojnic, by bylo vhodné tuto definici přeformulovat a rozšířit. Přebíjení je pojem, přenesený do českého jazyka z anglického „reloading“, který je veřejností chápán jako výroba střeliva pro vlastní potřebu v domácích podmínkách a malých sériích. Nutno však podotknout, že existují i výrobci střeliva, kteří používají již použité nábojnice a vyrábí střelivo pro komerční účely ve velkých sériích.

6.1 Nabývání do vlastnictví

Zákon o zbraních nijak nereguluje nabývání vlastnictví k zařízením potřebným k přebíjení nábojů nebo výrobě jejich komponent (přebíjecí lisy, matrice, odlévací kokily, suroviny apod.) fyzickou osobou.

⁸ Část 2 bod 2. zákona č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu

Nabytí vlastnictví jednotlivých komponent (ať už výrobou nebo nákupem) stanovuje zákon o zbraních takto:

*Držitel zbrojního průkazu skupiny B nebo C je oprávněn nabývat do vlastnictví, držet, popřípadě nosit střelivo nebo jednotlivé části nábojů do zbraní kategorie B nebo C; střelivo a jednotlivé části nábojů nesmí nosit viditelně.*⁹

Podmínky jsou pro držitele zbrojních průkazů v zákoně o zbraních vyčteny poměrně přímočaře a omezení jsou zjevná. Pro skupiny B a C, tedy pro sportovní činnost a výkon myslivosti je možné nabývat do vlastnictví komponenty všech nábojů, kromě nábojů zakázaných podle §4 zákona o zbraních, tedy i těch, pro které nevlastní žádnou zbraň. Držitelé zbrojních průkazů ostatních skupin k nabývání vlastnictví ke komponentům nábojů oprávněni nejsou. Jediné omezení platí pro osoby, které získaly zbrojní průkaz před dovršením 18-ti let věku podle §19, odst. 3 a 4. Těmto je nabývání do vlastnictví komponent a vlastní přebíjení zapovězeno. Dopustily by se tak přestupku podle §76a, odst. 6, písm. c, s hrozbou uložení pokuty do výše 15000 Kč.

Kontroverze ale nastává v §69, odst. 1, zákona o zbraních. Ten povoluje nabytí do vlastnictví prachu a zápalek fyzickým osobám starším 18-ti let, jejichž svéprávnost nebyla omezena. Tato formulace byla zvolena, aby se vyšlo vstříc držitelům zbraní kategorie D, především historických palných zbraní, vyrobených před rokem 1889, u nichž často není možné se ke střelivu dostat jinak než právě přebíjením. Tyto zbraně nejsou vedeny v evidenci centrálního registru zbraní a s přebíjením pro vlastní potřebu jejich vlastníky je přímo počítáno v odst. 5 téhož paragrafu.

Fakticky to ale znamená, že nabývat vlastnictví k veškerým komponentám nábojů, k zápalkám a výmetným náplním nevyjímaje, může každá osoba starší 18-ti let po předložení občanského průkazu. Žádné další doklady ani důkazy, o tom, že jde o komponenty k historické zbraní, nejsou zákonem vyžadovány. Nutno dodat, že takovéto osoby, v případě, že nejsou držiteli zbrojního průkazu, neprošly procesem ověřování jejich bezúhonnosti a spolehlivosti Policií České republiky a takto mají v podstatě legální přístup k výbušninám a jejich iniciátorům! Toto potvrzuje i oficiální vyjádření odboru bezpečnostní politiky ministerstva vnitra:

Oprávněný držitel zbraně kategorie D, je oprávněn nabývat do vlastnictví, držet a nosit střelivo do této zbraně, odpovídá-li ráží a výkonem použití v této zbraní kategorie D

⁹ § 28 odst. 2 písm. b) zákona č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu

(historické zbraní). Taková osoba je rovněž oprávněna nabývat a držet komponenty pro přebíjení tohoto střeliva a přebíjet jej. Podnikatel v oboru zbraní a střeliva je oprávněn prodat takové osobě střelivo pro zbraň kategorie D a komponenty pro přebíjení tohoto střeliva, včetně zápalek, bezdýmného nebo černého loveckého prachu po prokázání údajů podle § 15 odst. 1 zákona o zbraních.¹⁰

Množství vlastněných komponent fyzickou osobou je regulováno dle ustanovení §69, odst. 1, zákona o zbraních, který omezuje množství drženého černého a bezdýmného prachu na 3 kg hmotnosti a zápalek v počtu do 10000 ks.

Zde vzniká další kontroverze. §76a zákona o zbraních, vyčítající přestupky fyzických osob, odst. 6, písm. d, říká, že přestupek je u držitele ZP B a C přechovávání většího množství, než 1000 ks zápalek. Stejně tak v odstavci 12, písm. c, kde počítá s přechováváním střeliv a zápalek držiteli zbrojního průkazu sk. E.

V těchto dvou případech se ale pravděpodobně jedná o ustanovení, na jejichž aktualizaci se v rámci novelizace zákona o zbraních „zapomnělo“. Změny nejsou zapsány ani v novelizačním zákoně č.229/2016, Sb.

Vlastnictví a držení samostatně nevýbušných částí náboje, tedy střel a nábojnic právně regulováno není.

6.2 Skladování a zabezpečení

Skladování komponentů nábojů a hotových nábojů je úzce spjata s jejich zabezpečením a je závislé na celkovém množství skladovaného střeliva.

Limity vlastněného, tedy i skladovaného množství výmetné náplně a zápalek jsou dány zákonem o zbraních. Požadavky na jejich zabezpečení stanovuje nařízení vlády č.217/2017 Sb. (dále jen „nařízení 217“) v §8:

Černý lovecký prach, bezdýmný prach a zápalky lze přechovávat:

- a) v jednom prostoru pouze v samostatných skříních nebo schránkách upravených proti možnému odcizení nebo zneužití,*
- b) pouze tak, aby případným výbuchem nebo požárem neohrozily životy, zdraví nebo majetek,*
- c) v původních obalech výrobce nebo takových obalech, které splňují požadavky na bezpečnost obdobně jako původní obaly,*
- d) v suchu a takovým způsobem, aby jejich teplota nepřesáhla 40 °C, a*

¹⁰ Stanovisko odboru bezpečnostní politiky MV k nabývání střeliva a komponent pro přebíjení střeliva do zbraní kategorie D. Ministerstvo vnitra České republiky [online]. 2014. Dostupné z www.mvcr.cz/soubor/strelivo-pro-zbrane-kat-d-pdf.aspx .

e) odděleně od hořlavých a lehce zápalných předmětů.¹¹

Požadavky na zabezpečení zkompleťovaných nábojů se nijak neliší od požadavků na zabezpečení nábojů získaných jiným způsobem. Požadavky jsou odlišné při zabezpečování nábojů do 500 ks, do 10000 ks, nad 10000 ks a nad 20000 ks. Pro tyto limity jsou stanoveny odlišné požadavky v §58, odst. 2, 3 a 4 zákona o zbraních:

(2) Držené zbraně kategorie A, B nebo C uschované, uložené nebo uskladněné (dále jen "přechovávané zbraně") v počtu do 10 kusů nebo střelivo v počtu do 10 000 nábojů se zabezpečují uložením do uzamykatelné ocelové schránky nebo uzamykatelné ocelové skříně nebo zvláštního uzamčeného zařízení, pokud tato schránka, skříň nebo toto zařízení splňují technické požadavky stanovené prováděcím právním předpisem. Ustanovení tohoto odstavce se nevztahuje na přechovávané zbraně kategorie B nebo C v počtu do 2 kusů nebo střelivo v počtu do 500 nábojů, které je však držitel těchto zbraní a střeliva povinen vhodně zabezpečit proti zneužití, ztrátě a odcizení.

(3) Více než 10 přechovávaných zbraní nebo více než 10 000 nábojů se zabezpečuje v
a) *uzamykatelném skříňovém trezoru, pokud splňuje technické požadavky stanovené prováděcím právním předpisem, nebo*
b) *uzamčené místnosti nebo samostatném objektu, pokud splňují technické požadavky stanovené prováděcím právním předpisem.*

(4) Více než 20 přechovávaných zbraní kategorie A, B nebo C nebo více než 20 000 kusů střeliva se zabezpečuje v uzamčené místnosti, samostatném objektu nebo komorovém trezoru, pokud jsou chráněny elektronickým zabezpečovacím zařízením a pokud splňují technické požadavky stanovené prováděcím právním předpisem.¹²

Zmiňovaný prováděcí právní předpis je opět nařízení 217, konkrétně §4, písm. a, b, c, d, e:

Za technicky způsobilé se pro účely zabezpečení uschovaných, uložených nebo uskladněných zbraní a střeliva považují

- a) *uzamykatelná ocelová schránka nebo uzamykatelná ocelová skříň splňující požadavky odolnosti proti vloupání 15 odporových jednotek podle technické normy ČSN EN 1143-1 a vybavené zámkem s vysokou bezpečností proti nepovolenému otevření zařazeným do třídy A podle technické normy ČSN EN 1300,*
- b) *zvláštní uzamčené zařízení, které je neoddělitelně ukotveno do stěny, stropu nebo podlahy zhotovených z cihel, betonových panelů nebo obdobného stavebního materiálu a vybaveno zámkem s vysokou bezpečností zařazeným do třídy A podle technické normy ČSN EN 1300,*
- c) *uzamykatelný skříňový trezor, který splňuje požadavky pro klasifikaci skříňových trezorů bezpečnostní třídy I podle technické normy ČSN EN 1143-1,*

¹¹ § 8 nařízení vlády č. 217/2017 Sb. o požadavcích na zabezpečení zbraní, střeliva, černého loveckého prachu, bezdýmného prachu a zápalek a o muničním skladišti

¹² § 58 zákona č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu

- d) *uzamčená místnost nebo samostatný objekt (dále jen „zvláštní objekt“), které splňují požadavky uvedené v § 5,*
- e) *komorový trezor, který splňuje požadavky pro klasifikaci trezorových dveří a komorových trezorů bezpečnostní třídy I podle technické normy ČSN EN 1143-1¹³*

Požadavky na samostatný objekt, sloužící k uskladnění a střeliva jsou stanoveny v §5:

- (1) *Zvláštní objekt je vybaven trezorovými dveřmi, které splňují požadavky pro kvalifikaci trezorových dveří a komorových trezorů bezpečnostní třídy I podle technické normy ČSN EN 1143-1, nebo celoodcelovými dveřmi, které splňují požadavky 5. bezpečnostní třídy podle technické normy ČSN EN 1627.*
- (2) *Stěny, stropy a podlahy zvláštního objektu mají minimální tloušťku*
 - a) *300 mm, pokud jsou zhotoveny z cihel, popřípadě z vápenocementových bloků nebo pórobetonových tvárnic, nebo*
 - b) *150 mm, pokud jsou zhotoveny z betonových panelů nebo obdobného stavebního materiálu.*
- (3) *Okna, světlíky, komíny, větráky, šachty a další otvory o rozměrech větších než 150 mm x 150 mm, které se nacházejí ve vnějším plášti zvláštního objektu, jsou opatřeny pevně zabudovanými ocelovými mřížemi s pruty o průměru nejméně 10 mm, kdy vzdálenost os prutů činí nejvíce 130 mm. Spoje prutů jsou svařeny nebo snýtovány. Kotvení mříže se provede pomocí kotev s roztečí nejvýše 750 mm a zasazených ve zdivu do hloubky nejméně 150 mm. K zabezpečení oken, světlíků, komínů, větráků, šachet nebo dalších otvorů podle věty první lze použít též jiné zabezpečení, například mříže nebo rolety, splňující požadavky 4. bezpečnostní třídy podle technické normy ČSN EN 1627.*
- (4) *Od druhého nadzemního podlaží zvláštního objektu, pokud do jeho úrovně nelze jednoduše proniknout ze střechy nebo pomocí hromosvodů, okapů, parapetů, jiných stavebních prvků, terénních nerovností, stromů nebo jiných staveb, lze místo mříže použít uzavíratelné okno s celoodcelovým okenním rámem pevně zabudovaným do stěny budovy se sklem, které je vybaveno bezpečnostní fólií proti průrazu s odolností nejméně 250 J, nebo sklem obdobně odolným proti průrazu a vytlačení z rámu nebo jiné zabezpečení splňující požadavky 3. bezpečnostní třídy podle technické normy ČSN EN 1627.¹⁴*

6.3 Přebíjení

Z právního hlediska se přebíjením míní manipulace s komponenty nábojů za účelem sestavení ostrého náboje. Zákon v tomto ohledu postihuje především bezpečnost práce a zákon o zbraních se k tomuto vyjadřuje v §69, odst. 3, spíše v obecné rovině:

¹³ § 58 zákona č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu

¹⁴ § 5 nařízení vlády č. 217/2017 Sb. o požadavcích na zabezpečení zbraní, střeliva, černého loveckého prachu, bezdýmného prachu a zápalek a o muničním skladišti

Každý musí dbát zvýšené opatrnosti při zacházení s černým loveckým prachem, bezdýmnným prachem a zápalkami, přitom nesmí ohrozit život, zdraví a majetek jiných osob.¹⁵

Samotné oprávnění přebíjet stanovuje odst. 5 téhož paragrafu:

Přebíjet náboje nebo nabývat do vlastnictví jednotlivé díly nábojů pro účely přebíjení nábojů nebo použití ve zbrani kategorie A, B nebo C smí pouze držitel zbrojního průkazu, který je oprávněn nabývat do vlastnictví náboje pro zbraň kategorie A, B nebo C, nebo držitel zbrojní licence. Přebíjet náboje nebo nabývat do vlastnictví jednotlivé díly nábojů pro účely přebíjení nábojů nebo použití ve zbrani kategorie D smí osoba starší 18 let, jejíž svéprávnost nebyla omezena, nebo právnická osoba. Přebíjet náboje je osoba podle věty první a druhé oprávněna jen pro vlastní potřebu, přitom musí dodržovat technologické postupy, které udávají výrobci jednotlivých dílů nábojů; to neplatí pro držitele zbrojní licence skupiny A a B.¹⁶

První věta definuje oprávnění držitelů zbrojních průkazů přebíjet a nabývat do vlastnictví jednotlivé komponenty nábojů. To mohou pouze držitelé zbrojních průkazů oprávnění nabývat do vlastnictví střelivo do zbraní kat. A, B nebo C, což jsou podle výčtu v §28 držitelé zbrojních průkazů skupiny A, B, C a E. Držitelé zbrojních průkazů skupiny D toto oprávnění nemají. Držitelé zbrojních průkazů skupiny A, B a C mohou přebíjet a nabývat do vlastnictví komponenty nábojů bez omezení druhu a typu náboje.

U držitelů zbrojních průkazů skupiny A je množství omezeno na 3 kusy téhož druhu, ráže a značky nebo 1 nejmenší spotřebitelské balení. Tahle formulace je ale v případě přebíjení, z praktického hlediska, poněkud problematická. Nejmenší balení zápalek, střel a nábojnic bývá 100 ks a v případě výmetných náplní jde o 0,5 kg, což jsou množství umožňující vyrobit a tím nabýt do vlastnictví mnohonásobně větší množství nábojů než 3 kusy téhož druhu a ráže.

Pro držitele zbrojních průkazů skupiny E plyne omezení vztahující se na druh střeliva. Ti mohou přebíjet a nabývat do vlastnictví pouze komponenty nábojů do zbraně, kterou jsou oprávněni držet, a to po předložení průkazu zbraně. Co do množství, jsou omezeni stejně jako držitelé zbrojních průkazů sk. B a C.

¹⁵ § 69 odst. 3 zákona č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu

¹⁶ § 69 odst. 5 zákona č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu

Vyhláška 217 v §9 stanovuje několik elementárních bezpečnostních pravidel přebíjení:

- (1) S černým loveckým prachem, bezdýmným prachem a zápalkami lze při přebíjení nábojů zacházet pouze způsobem stanoveným výrobcem jednotlivých komponentů a zařízení určených k přebíjení.*
- (2) Při přebíjení nábojů*
 - a) nelze používat otevřeného ohně nebo kouřit,*
 - b) lze používat pouze přístroje a zařízení v technickém stavu zaručujícím bezpečnost a ochranu zdraví při práci a bezpečnost provozu a*
 - c) lze používat pouze nepoškozenou nábojnici.¹⁷*

Znění odstavce 1 přímo předpokládá, že osoba, která přebíjí, zná nebo se před přebíjením důkladně seznámí alespoň se základní teorií o přebíjení, zná základní konstrukční aspekty nábojů, zná technologický postup sestavení ostrého náboje, je seznámena s obsluhou přístrojů sloužících k přebíjení a má nastudované manuály a technické parametry jednotlivých komponent (např. hodnoty minimální a maximální návahy dané výmetné náplně pro daný náboj). Vzhledem k tomu, že v dnešní době je více možností, jak provést jednotlivé operace při sestavování náboje, je tato formulace dostatečná a v této obecné rovině, tím, že se odkazuje na postupy stanovené výrobcí komponent a přebíjecích přístrojů, v podstatě velmi konkrétní.

Výčet odstavce 2 zdaleka nepostihuje všechny aspekty bezpečného přebíjení. Jde pouze o několik elementárních požadavků, při jejichž dodržení se rizikovitost manipulace s komponenty rapidně snižuje. Zákaz práce s otevřeným ohněm a zákaz kouření je vzhledem k tomu, že se pracuje se snadno vznětlivými materiály, zřejmé. Bod b je zcela na místě, protože přístroje a zařízení určené k přebíjení je konstruováno tak, aby se v co nejvyšší míře zabránilo vlivům, které by mohly způsobit předčasné odpálení zápalky nebo výmetné náplně. Například jsou voleny antistatické plasty a stanovený způsob použití eliminuje vznik mechanických jisker. Samozřejmě je nutné tato zařízení udržovat v co nejlepší kondici. Rozsah a provedení běžné údržby bývá uvedeno v manuálech. Používání nepoškozené nábojnice je jedním ze základních předpokladů k sestavení bezpečného a funkčního náboje.

¹⁷ § 9 nařízení vlády č. 217/2017 Sb. o požadavcích na zabezpečení zbraní, střeliva, černého loveckého prachu, bezdýmného prachu a zápalek a o muničním skladišti

7 Analýza vlivu vybraných konstrukčních parametrů na funkci náboje

Analýza vlivu vybraných konstrukčních parametrů na funkci náboje byla provedena v experimentální rovině, u některých parametrů v teoreticko-experimentální rovině. Cílem střeleckého experimentu bylo zjistit, jaký vliv mají některé konstrukční parametry náboje na vybrané balistické charakteristiky – počáteční rychlost střely a na rozptyl zásahů v terči. V rámci střeleckého experimentu byly analyzovány vlivy následujících konstrukčních parametrů:

- Opotřebenění nábojnice.
- Hmotnost výmetné náplně.
- Mazání střely.
- Hloubka usazení střely do nábojnice.
- Tvar střely.

7.1 Metodika

Přebíjením bylo vyrobeno 5 sad po 10 ks nábojů ráže 308 Win., z nichž každá se od etalonové sady lišila jediným, zkoumaným, konstrukčním parametrem. Při změnách jednotlivých konstrukčních parametrů zůstaly ostatní beze změny nebo kompenzace čili byl analyzován dopad jednotlivých konstrukčních změn za jinak stejných podmínek.

S jednotlivými sadami nábojů byly nastříleny 10-ti ranné položky na svislý terč ve vzdálenosti 100 m. Rychlost střely byla měřena komerčním Dopplerovským radarem LabRadar, jehož software na základě naměřených rychlostí v různých vzdálenostech aproximuje rychlostní křivku a vypočítá počáteční rychlost v_0 . V každé podkapitole, náležící příslušnému zkoumanému parametru je uvedena tabulka, ve které jsou zaznamenány rychlosti střely v různých vzdálenostech označené VX , kde X označuje vzdálenost v metrech. V případech, kde je hodnota VX rovna nule, radaru se nepodařilo zachytit platný signál a rychlost stanovit. Stanovené hodnoty rychlostí v_0 a rozptylových charakteristik seskupenosti a správnosti byly porovnávány s odpovídajícími hodnotami referenčního nástřelu etalonové sady.

V každé kapitole budou vyhodnocovány relativní změny zkoumaných veličin podle vzorce:

$$\text{relativní změna} = \frac{\text{nová hodnota} - \text{referenční hodnota}}{\text{referenční hodnota}} [1]$$

Etalonová sada je 10 nábojů ráže .308 Win, jejichž naměřené a stanovené hodnoty rychlostí a seskupenosti a správnosti v terči slouží jako referenční hodnoty, vůči kterým jsou ostatní náštěly, jednotlivých zkoumaných sad přirovnávány a vyhodnocovány.

Střelba byla provedena na venkovní střelnici v Olomouci 29.4.2018 v době od 8:30 do 10:30 hod.

- Nadmořská výška: 225 m n.m.
- Atmosférický tlak: 1008 hPa.
- Relativní atmosférická vlhkost: 68 %.
- Teplota: 21° C.
- Bezvětrí (rychlost větru, kolmo ke směru střelby: $< 3 \text{ m.s}^{-1}$ - mimo rozlišovací schopnost měřidla).
- Slunečno, beze srážek.

Zbraň, byla upevněna v nastřelovací stoličce, aby byla v co nejvyšší míře eliminována chyba střelce. Aby byla hlaveň zahřátá na provozní teplotu, bylo před zahájením měření ze zbraně vystřeleno 10 rychle po sobě jdoucích ran kvůli eliminaci odchylky zásahu plynoucí z tzv. studené rány.

Ke střelbě byla použita opakovací kulovnice HOWA 1500 s válcovým odsuvným závěrem a těžkou, sportovní, kovanou hlavní o délce 610 mm. Stoupání drážek vývrtu je 305 mm.

7.2 Použité komponenty

7.2.1 Nábojnice

Nábojnice pochází z produkce Finské muničky Lapua. Jedná se o mosaznou nábojnici s obsahem 25 % zinku. Zápalkové lůžko je bez kovadlinky s jediným průšlehovým otvorem pro zápalku typu Boxer. Krček a zahrdlení nábojnice jsou z výroby vyžihány. Není-li stanoveno jinak, byly použity pouze nové, nepoužité nábojnice.

7.2.2 Střela

Použitá střela je taktéž původem ze společnosti Lapua. Konkrétně jde o střelu z produktové řady Scenar, typu HPBT s tombakovým pláštěm (CuZn5) a homogenním olověným jádrem se 2 % antimonu o celkové hmotnosti 10 g (155 grs). Balistické koeficienty podle Karpova jsou:

$$G1 = 0,46 \frac{lb}{in^2} ; G7 = 0,23 \frac{lb}{in^2}$$

7.2.3 Zápalka

Zápalka je použita velká pušková, 5,3 mm typu Boxer, výrobce Sellier&Bellot.

7.2.4 Výmetná náplň

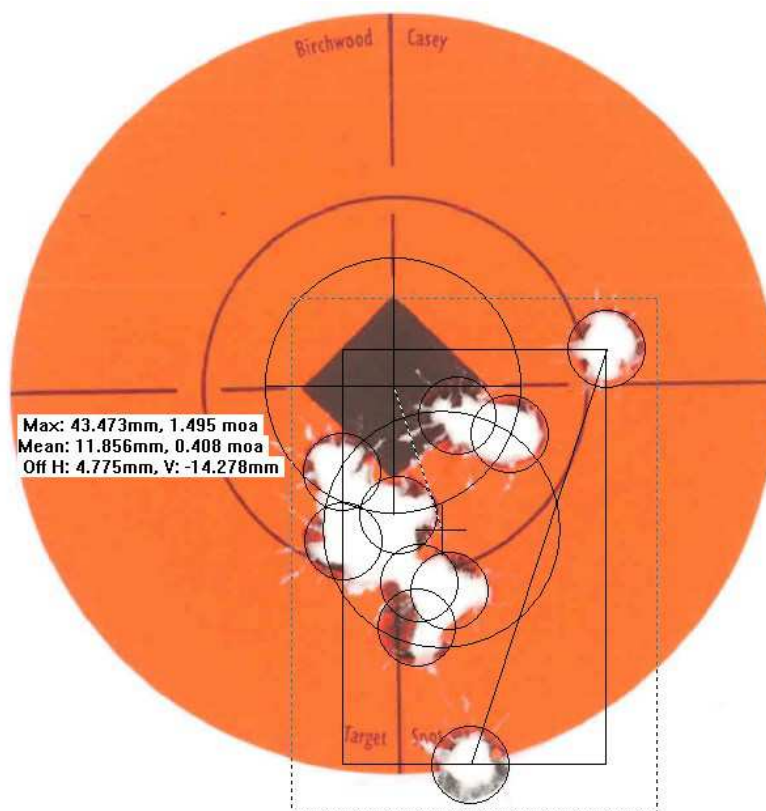
Náboje jsou plněny prachem Accurate powders 2460. Jedná se o dvousložkový, rychle hořící, bezdýmný prach s degresivním charakterem hoření s tvarem zrna ve formě kuliček a destiček.

7.3 Etalonová sada

Jako etalon byl vytvořen náboj o následujících parametrech:

Nábojnice	Lapua .308 Winchester, nová, nepoužitá
Střela	Lapua Scenar cal.30, 10 g, HPBT (GB491), nemazaná
Množství výmetné náplně	2,722 g (42 grs)
Zápalka	Sellier&Bellot 5,3 mm LR Boxer (V361617)
Celková délka náboje	72 mm

Hodnoty stanovených rychlostí referenční série						
Výstřel č.	V0 [m/s]	V10 [m/s]	V20 [m/s]	V30 [m/s]	V40 [m/s]	V50 [m/s]
1	863	854	847	842	0	0
2	835	828	822	816	0	0
3	851	844	837	830	823	0
4	854	846	839	832	0	0
5	849	843	836	829	0	0
6	848	841	834	828	0	0
7	850	842	835	829	0	0
8	852	845	838	831	0	0
9	864	855	848	843	0	0
10	844	836	829	822	815	0
Průměr:	851					
σ:	8,01249					



7.4 Opotřebení nábojnice

Opětovné použití nábojnic je při přebíjení běžná praxe. S každým dalším použitím ale dochází k přetváření stěny nábojnice, především v oblasti krčku, ve kterém je zalisovaná střela, což má vliv především na výtahovou sílu, která se s každou rekalicací snižuje. Odpor střely proti vtlačení do drážek vývrtu ale zůstává konstantní. Součet třecích a přetvárných sil působících proti pohybu střely v druhé periodě vnitrobalistického děje bude nižší, ale vzhledem k tomu, že výtahová síla je o 2 až 3 řády menší než síla potřebná k vtlačení střely do drážek vývrtu, lze očekávat jen velmi malý přírůstek počáteční rychlosti střely.

Náboje v této sérii byly kompletovány s jedinkrát použitou a rekalicovanou nábojnicí. Rekalicován byl pouze krček nábojnice v kleštinové matici. Při zalisování střely do nábojnice byl, oproti nábojnici nové, cítit znatelně menší odpor lisu.

Stanovené hodnoty rychlostí						
Výstřel č.	V0 [m/s]	V10 [m/s]	V20 [m/s]	V30 [m/s]	V40 [m/s]	V50 [m/s]
1	850	844	837	830	824	817
2	858	852	845	839	832	825
3	857	851	844	837	829	0
4	859	852	846	839	832	0
5	860	853	847	840	833	828
6	859	852	846	839	833	826
7	858	852	845	838	831	824
8	858	852	845	838	0	826
9	865	858	852	845	838	0
10	858	852	846	839	832	0
Průměr:	858,2					
σ	3,458323					

Absolutní nárůst průměrné počáteční rychlosti je 7,2 m/s. Hypotéza o vlivu nižší výtahové síly na průběh rychlostní křivky by tedy mohla být správná. Nicméně při vyhodnocení poměrné změny dojdeme výsledku nárůstu o pouhých 0,846 %. Závislost opotřebení, resp. opětovného použití jednou vystřelené a rekalibrované nábojnice je v podstatě zanedbatelná. Poměrná změna počáteční rychlosti v_0 je:

$$dv_0 = \frac{v_{0PN} - v_{0r}}{v_{0r}} = \frac{858,2 - 851}{851} = 0,00846 [1]$$

Kde v_{0PN} je průměrná počáteční rychlost nábojů s opotřebovanou nábojnicí a v_{0r} je průměrná počáteční rychlost referenční, etalonové sady.

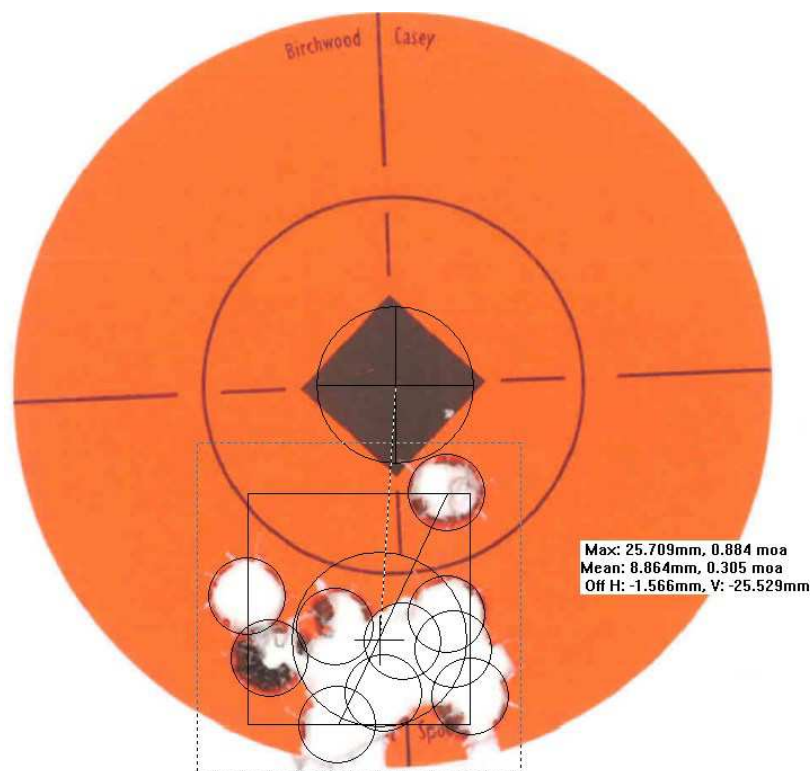
Nástřel v terči naproti tomu zaznamenal výrazné zlepšení v seskupenosti série o téměř 41 %:

$$d2R_{100} = \frac{2R_{100PN} - 2R_{100r}}{2R_{100r}} = \frac{25,709 - 43,473}{43,473} = -0,4086 [1]$$

Kde $2R_{100PN}$ je nejmenší průměr kruhu, ohraničující 100 % zásahů v terči sady s použitou nábojnicí a $2R_{100r}$ je ta stejná hodnota odpovídající referenčnímu nástřelu.

Stanovit paušální opravový koeficient pro rozptyl v terči by v tomto případě ale bylo nejspíš nebylo správné. Místo toho je potřeba se zaměřit na způsob rekalibrace a její dopad na nabíjecí podmínky zbraňového systému. Nábojnice byla tlakem prachových plynů při prvním výstřelu přetvářena na vnitřní rozměry nábojové komory zbraně. Pokud bychom použili matici pro kalibraci celé nábojnice, nejspíš bychom došli podobnému nástřelu jako v případě referenční série. Jenže v tomto případě byla použita matrice pro zkalibrování pouze krčku nábojnice, takže ostatní části zůstaly vyformované do tvaru

nábojové komory. Klíčovou plochou bezokrajové nábojnice je přechodový kužel, který definuje axiální vyrovnaní náboje s nábojovou komorou, přechodovým kuželem vývrtu a vodící částí vývrtu hlavně. Protože tato plocha zůstala od prvotního výstřelu nezměněna, došlo k dokonalejšímu axiálnímu usazení náboje a nejspíše právě tento parametr měl tak pozitivní vliv na seskupenost celé série.



7.5 Mazání střely

Střely byly namazány velmi jemným práškem technicky čistého sulfidu molybdeničitého (MoS_2), dostupného pod obchodní značkou Molyka R, firmy Mogul. Jedná se o speciální tuhé mazivo v praxi používané k mazání kluzných elementů strojních součástí namáhaných vysokými teplotami a tlakem. Mazací schopnosti jsou zaručeny až do teploty rozkladu MoS_2 , tj. do teploty cca 360 až 390° C.

Povrch střel je potřeba před nanesením maziva nejprve odmastit. K tomuto účelu velmi dobře slouží izopropyl-alkohol, do kterého se střely ponoří a který se po vyjmutí z lázně rychle odpaří. Samotná aplikace MoS_2 spočívá v mechanickém vtlačení zrn prášku do mosazného pláště pomocí vibrační pračky nábojnic. Střely se společně s přiměřeným množstvím maziva umístí do prázdného bubnu pračky, ve kterém oscilují přibližně 30 – 45 minut. Po této operaci již žádná další úprava není potřeba.



Obr. 14: Tatáž střela před a po aplikaci MoS2.

Mazání střely by mělo zajistit snížení koeficientu tření mezi střelou, vnitřní stěnou krčku nábojnice a poli a drážkami v přechodovém kuželu a vodící části vývrtu hlavně. To znamená snížení výtahové síly a oproti situaci s použitou nábojnicí také snížení síly potřebné k vtlačení střely do vývrtu hlavně. Hypoteticky by tedy mělo, analogicky k případu s opotřebenou nábojnicí, dojít k navýšení počáteční rychlosti střely. Protože se mazáním střely redukuje třecí složky všech sil působících proti pohybu střely v hlavni, lze očekávat navýšení počáteční rychlosti v mnohem vyšší míře než v předchozím případě.

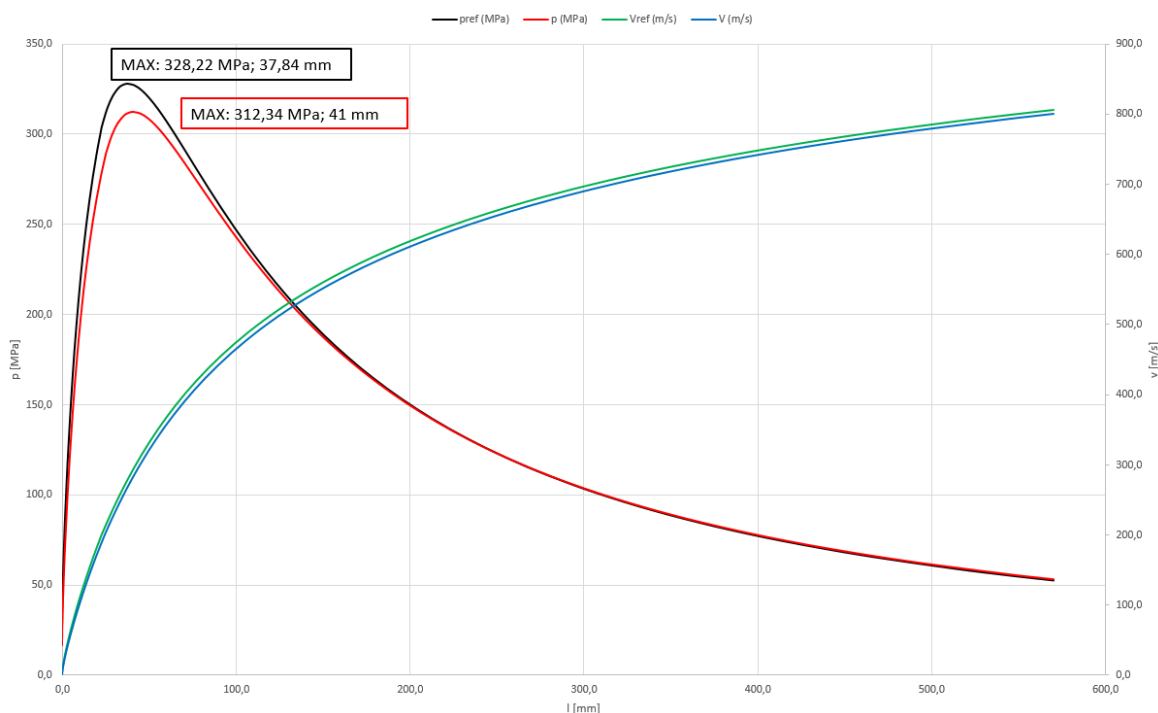
Při zalisování takto mazané střely do nepoužité nábojnice byl patrný mnohem nižší odpor, přibližně srovnatelný s použitou nábojnicí a nemazanou střelou.

Stanovené hodnoty rychlostí						
Výstřel č.	V0 [m/s]	V10 [m/s]	V20 [m/s]	V30 [m/s]	V40 [m/s]	V50 [m/s]
1	849	843	837	830	824	0
2	837	830	824	818	811	0
3	849	841	834	827	821	815
4	841	834	828	821	814	0
5	844	838	831	825	819	0
6	821	814	808	802	796	0
7	831	825	819	812	807	0
8	831	824	818	812	805	798
9	822	816	810	803	797	787
10	842	835	829	821	819	0
Průměr:	836,7					
σ:	9,644169					

Absolutní hodnota průměrné počáteční rychlosti je oproti etalonu o 14,3 m/s nižší, tedy o 1,68 %.

$$dv_0 = \frac{v_{0MAZ} - v_{0r}}{v_{0r}} = \frac{836,7 - 851}{851} = -0,0168 [1]$$

Hypotéza o zvýšení počáteční rychlosti v důsledku snížení koeficientu tření pláště střely se tedy ukázala být nepravdivá. K pochopení a zdůvodnění tohoto jevu je potřeba analyzovat křivku vývinu tlaku prachových plynů v hlavni. Simulace vnitrobalistických charakteristik vývinu tlaku a rychlosti střely byla provedena v softwaru QuickLoad v3.6. neznámé vstupní parametry potřebné pro výpočet byly zadány podle doporučení programu.

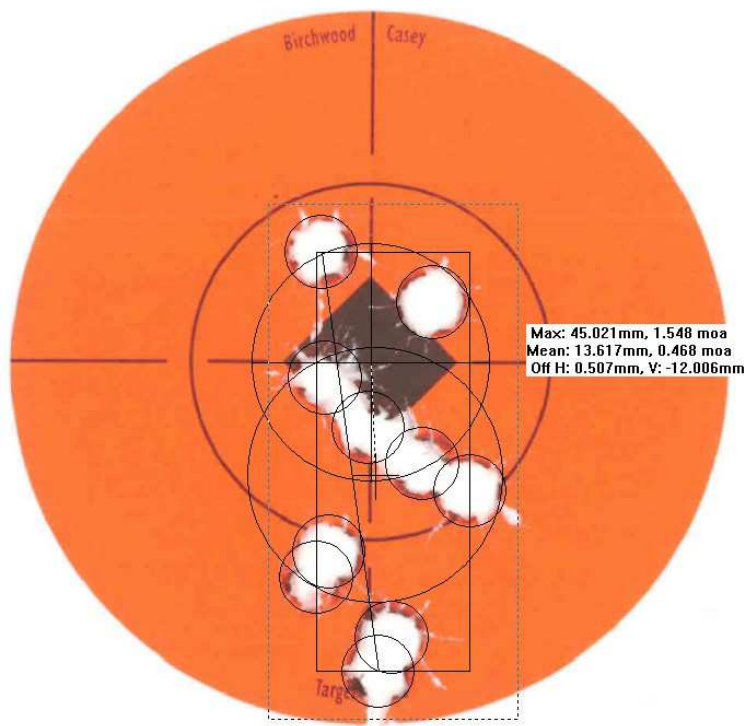


Černá křivka představuje průběh tlaku prachových plynů referenčního náboje a červená průběh tlaku náboje s mazanou střelou. Zelená křivka zobrazuje rychlost střely referenčního náboje a modrá rychlost střely náboje s mazanou střelou, která je, v souladu s měřením, na ústí hlavně nižší.

Na první pohled je patrný nižší maximální tlak u mazaného náboje, který byl navíc dosažen nepatrně dále směrem k ústí hlavně. Tyto hodnoty vypovídají o vlivu koeficientu tření na střely na její pohyb v hlavni. Díky menším třecím silám mohla započnout druhá perioda vnitrobalistického děje při nižším tlaku prachových plynů, resp. při menším množství odhořelé výmetné náplně. Pro pohon střely ve vývrtu hlavně nebyla zapotřebí tak velká působící síla jako v případě nemazané střely a v okamžiku dohoření výmetné náplně namazaná střela urazila v hlavni větší vzdálenost, takže objem prostoru za střelou byl větší, což se projevilo na nižším maximálním tlaku.

Pokud bychom pokládali výstup simulace za odpovídající realitě, zjistíme, že za cenu poklesu počáteční rychlosti o 1,67 % jsme snížili maximální tlak o 4,84 %. Tato skutečnost bezpochyby má pozitivní vliv na životnost hlavně a také nám dává prostor pro vytváření výkonnějších laborací.

Soustřel v terči je proti etalonové sérii větší o cca 1,5 mm, což v poměrné hodnotě odpovídá nárůstu o 3,56 %. Jde o bezvýznamnou změnu, která navíc může být zatížena nejistotou měření i vyhodnocení, a proto můžeme konstatovat, že mazání střel nemá významný vliv na soustřel v terči.



7.6 Hloubka usazení střely

Hloubka usazení střely má vliv na více balistických parametrů. Z těch nejvýznamnějších se jedná o počáteční spalovací prostor, balistickou hustotu a odstup střely od přechodového kužele vývrtnu hlavně (tzv. doběh).

V této sérii byla střela do nové, nepoužité nábojnice zalisovaná o 2 mm hlouběji, takže celková délka náboje byla 70 mm. Hlouběji usazená střela znamená zmenšení počátečního spalovacího prostoru a zároveň navýšení balistické hustoty, což se musí nutně projevit na vyšším tlaku především v první a druhé vnitrobalistické periodě. Pokud bychom zavedli poznatky z měření předchozí série, měli bychom měřením zjistit navýšení počáteční rychlosti.

Stanovené hodnoty rychlostí						
Výstřel č.	V0 [m/s]	V10 [m/s]	V20 [m/s]	V30 [m/s]	V40 [m/s]	V50 [m/s]
1	850	844	837	830	822	818
2	833	826	819	813	806	799
3	854	847	840	833	827	819
4	851	845	838	831	825	817
5	829	822	816	809	802	796
6	871	865	858	851	844	838
7	856	849	843	835	829	823
8	855	849	842	835	829	821
9	866	860	853	846	839	831
10	855	849	842	835	828	821
Průměr:	852					
σ	12,20656					

Průměrná počáteční rychlost se zvýšila o 1,24 m/s, tj. nárůst o 0,146 %. Program Quickload na základě celkové délky náboje, použité střeje a nábojnici umí odvodit velikost počátečního spalovacího prostoru c_0 . Na základě toho, můžeme určit opravový koeficient l_{c0} :

$$\frac{dv_0}{v_0} = l_{c_0} \cdot \frac{dc_0}{c_0}$$

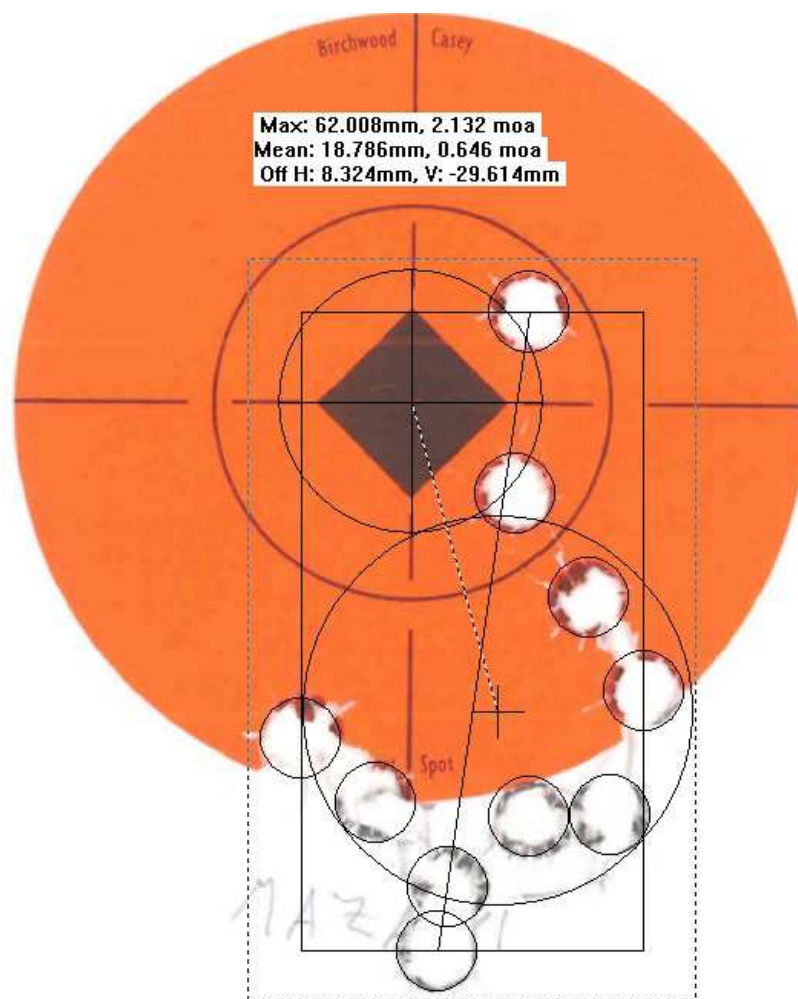
$$\frac{852 - 851}{851} = l_{c_0} \cdot \frac{3,002 - 3,098}{3,098}$$

$$l_{c_0} = \frac{\frac{1}{851}}{-\frac{48}{1549}} = -\frac{1549}{40848} \approx -0,038 [1]$$

Při zmenšení počátečního spalovacího prostoru o 1 % dojde ke zvýšení počáteční rychlosti o 0,038 %. Počáteční rychlost je tedy na změnu počátečního spalovacího prostoru velmi málo citlivá.

Seskupenost v terči zaznamenala výrazně větší rozptyl o 18,535 mm, tj. nárůst o 42 %. Setkáváme se s opačnou změnou než v případě použité nábojnice, která byla lépe axiálně uložena v nábojové komoře. V tomto případě je ale střela od začátku drážkování hlavně posunuta o 2 mm dále. Předtím, než přišla do kontaktu s poli vývrtu, střela měla více prostoru, ale dosáhla vyšší rychlosti a tím pádem také vyšší kinetické energie, kterou, při zařezávání do drážek, částečně předala hlavní a pravděpodobně způsobila vyšší amplitudu kmitání hlavně při výstřelu.

Nutno doplnit, že subjektivní pocit ze střelby touto sérií nebyl dobrý – byl patrný intenzivnější zpětný ráz, který ale nebyl konzistentní. Obecně se dá říct, že střelecký projev pušky byl nepředvídatelný, což jistě mělo také svůj podíl na velkém rozptylu.



7.7 Tvar střely

Tvar střely je jedním z parametrů ovlivňující balistický koeficient (dále jen BC), který vyjadřuje schopnost střely překonávat odpor prostředí, ve kterém se pohybuje, nejčastěji vzduchu. Kromě toho BC ovlivňují především hmotnost, rozměry a aktuální rychlost střely a také aktuální atmosférické podmínky – teplota, tlak a vlhkost.

Tvar střely tedy nutně znamená změnu BC, proto bude tato série vyhodnocovat vliv změny BC na počáteční rychlost a rozptyl v terči. Střela byla zvolena Lapua Scenar 167grs, HPBT o celkové hmotnosti 10,85 g a BC podle Karpova jsou:

$$G1 = 0,446 \frac{lb}{in^2}; G7 = 0,223 \frac{lb}{in^2}$$

Střela má také kratší přední ogivál, takže bude ovlivněn i doběh.

K urychlení těžší střely bude potřeba větší energie výmetné náplně. Vzhledem k tomu, že navážka prachu zůstává nezměněná, je pravděpodobné, že bude zaznamenána nižší počáteční rychlost střely.

Stanovené hodnoty rychlostí						
Výstřel č.	V0 [m/s]	V10 [m/s]	V20 [m/s]	V30 [m/s]	V40 [m/s]	V50 [m/s]
1	835	828	822	815	0	0
2	831	825	819	0	812	0
3	833	827	820	813	0	0
4	830	823	817	810	0	0
5	827	821	815	807	0	0
6	830	824	818	812	0	0
7	830	824	818	811	0	0
8	829	823	817	810	0	0
9	832	827	821	814	808	0
10	824	818	811	806	0	0
Průměr:	830,1					
σ	2,91376					

Pro ověření výrobcem proklamovaného BC můžeme použít například naměřenou počáteční rychlost a rychlost ve 30 m z prvního výstřelu:

$$G1_{30} = \frac{0,0052834 \cdot x}{\sqrt{v_0} - \sqrt{v_x}} = \frac{0,0052834 \cdot 30}{\sqrt{835} - \sqrt{815}} = 0,455 \frac{lb}{in^2}$$

Průměrná počáteční rychlost doznala snížení o 20,9 m/s, v poměrné hodnotě o 2,46 %.

$$dv_0 = \frac{v_{0BC} - v_{0r}}{v_{0r}} = \frac{830,1 - 851}{851} = -0,024559 [1]$$

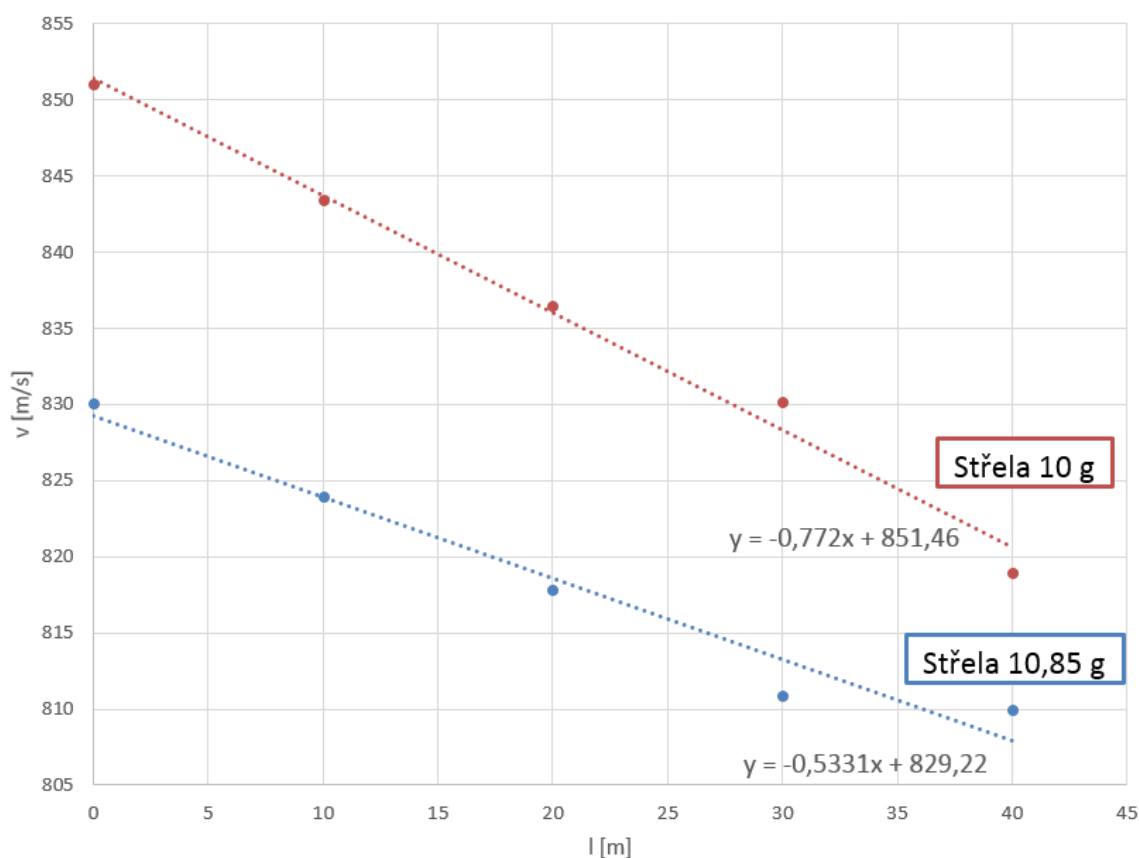
Na základě tohoto měření jsme schopni stanovit opravový koeficient počáteční rychlosti pro hmotnost střely:

$$\begin{aligned} \frac{dv_0}{v_0} &= l_{m_q} \cdot \frac{dm_q}{m_q} \\ -0,024559 &= l_{m_q} \cdot \frac{10,85 - 10}{10} \\ l_{m_q} &= \frac{-0,24559}{0,85} \approx -0,29 [1] \end{aligned}$$

Při zvýšení hmotnosti projektilu o 1 % tedy dojde ke snížení počáteční rychlosti o 0,29 %. Počáteční rychlost je tedy na změnu hmotnosti střely relativně málo citlivá.

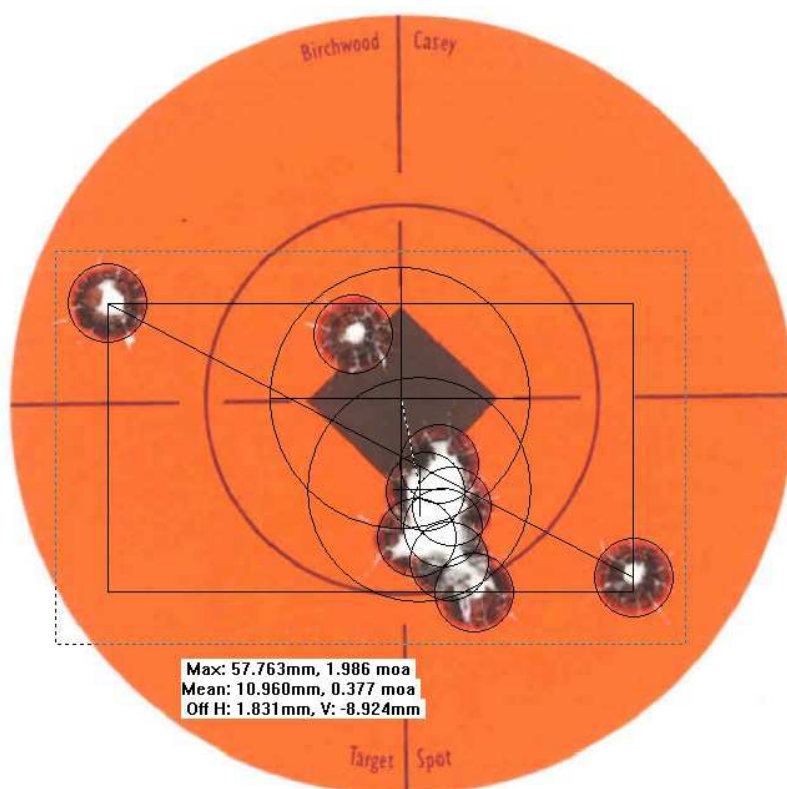
Výhoda použití těžší střely ale tkví hlavně v její vyšší setrvačnosti čili schopnosti uchovat si kinetickou energii při pohybu v odporujícím prostředí, což má velký význam například v úlohách terminální a ranivé balistiky. V grafu níže jsou vyneseny průměrné

rychlosti střel na vzdálenostech od 0 m do 50 m etalonové sady (červená) a sady se střelou s jiným BC (modrá).



Gradients lineárních regresních funkcí tvrzení o uchování kinetické energie potvrzují. Čím více se hodnota gradientu blíží nule, tím je změna hodnoty v ose Y (v tomto případě rychlosti) menší čili těžší střela zpomaluje pozvolněji.

Seskupenost zásahů v terči oproti referenčnímu nástřelu zaznamenal nárůst o bezmála 33 % na 57,76 mm. To může mít několik příčin. Jednak, protože je střela kratší, její přední ogivál byl více vzdálený od přechodového kužele vývrtu hlavně (viz. předchozí měření) a jednak při střelbě s těžšími střelami byl znatelný podstatně vyšší, i když konzistentní, zpětný ráz. Mohlo by se tedy jednat i o chybu střelce. Pokud bychom zásah zcela vlevo považovali za strženou ránu a z měření ji vyloučili, dostali bychom rozptyl 36,14 mm, v poměrné hodnotě tedy zmenšení o bezmála 17 %. Vliv změny BC na soustřel v terči je neprůkazný.



7.8 Navážka výmetné náplně

V této laboraci byla navážka výmetné náplně snížena o 0,13 g (2 grs) na 2,592 g (40 grs). V tomto důsledku byla snížena balistická hustota, a protože navážka dohoří dříve, je jisté, že dojde k redukci maximálního tlaku a tím i počáteční rychlosti střely.

Stanovené hodnoty rychlostí						
Výstřel č.	V0 [m/s]	V10 [m/s]	V20 [m/s]	V30 [m/s]	V40 [m/s]	V50 [m/s]
1	795	789	782	776	769	0
2	790	784	777	771	0	0
3	780	773	767	761	754	748
4	787	781	775	769	0	0
5	782	776	770	764	757	749
6	782	775	769	763	756	750
7	784	778	772	765	758	753
8	779	773	766	760	753	0
9	790	784	778	772	766	759
10	779	772	766	760	754	749
Průměr:	784,8					
σ	5,192302					

Hodnota průměrné počáteční rychlosti byla drasticky snížena o 66,2 m/s, resp. o 7,78 %. Citlivost počáteční rychlosti na hmotnosti výmetné náplně stanovíme výpočtem opravového koeficientu.

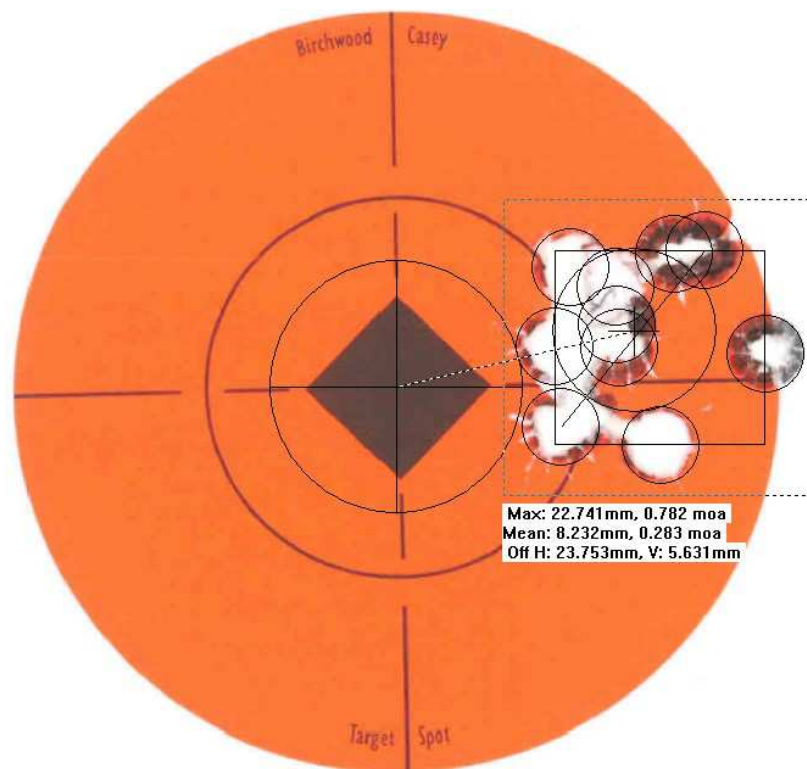
$$\frac{dv_0}{v_0} = l_\omega \cdot \frac{d\omega}{\omega}$$

$$\frac{784,8 - 851}{851} = l_\omega \cdot \frac{2,592 - 2,722}{2,722}$$

$$l_\omega = \frac{-0,0778}{-0,04776} \approx 1,63 [1]$$

Při zvýšení / snížení hmotnosti výmetné náplně o 1 % dojde ke zvýšení / snížení počáteční rychlosti střely o 1,63 %. Počáteční rychlost střely je tedy na změnu hmotnosti výmetné náplně relativně hodně citlivá.

Zásahy v terči jsou oproti referenčnímu nástřelu o 20,73 mm seskupenější, což je zlepšení o 47,7 %.



7.9 Poznámka k rozptylům

Každá jednotlivá zbraň je kvůli výrobním tolerancím naprostý unikát a proto nelze stanovit jedinou konfiguraci náboje, která by byla optimální pro všechny zbraně stejného typu. Jednou z filozofií přebíjení je právě možnost vytvořit a vyladit náboj, který bude mít optimální vlastnosti vzhledem k požadovanému použití pro konkrétní zbraň, ať už se jedná o co nejmenší soustřel pro sportovní střelbu nebo optimální výkon k lovu konkrétního druhu zvěře. Zbraň použitá v tomto experimentu je určena ke sportovní střelbě, a proto je v ní používána, vzhledem k nízkému rozptylu, hlavně laborace z posledního měření.

7.10 Posun středního bodu zásahu

Za zmínku rozhodně stojí také posouvání středního bodu zásahu (dále jen SBZ) v horizontálním i vertikálním směru. Teoreticky by se s klesající počáteční rychlostí měl SBZ posouvat směrem dolů kvůli nižšímu balistickému výkonu. Vyneseme-li do tabulky hodnoty průměrné počáteční rychlosti a polohy SBZ, zjistíme však pravý opak:

Určující parametr sady	V0 [m/s]	SBZ-X [mm]	SBZ-Y [mm]
Hmotnost prachové náplně	784,8	23,753	5,631
Balistický koeficient	830,1	1,831	-8,924
Mazání střely	836,7	0,507	-12,006
Etalonová sada	851	4,775	-14,278
Hloubka zalisování střely	852	8,324	-29,614
Použitá nábojnice	858,2	-1,566	-25,529

SBZ se s klesající počáteční rychlostí posouval směrem nahoru a doprava. Příčinou tohoto jevu je pravděpodobně opět kmitání hlavně při výstřelu. Pomocí metody konečných prvků byla provedena modální analýza hlavně v CAD programu Autodesk Inventor 2017. Analýza odhalila kmitání hlavně s dominantní amplitudou 29,43 μm v první, druhé a třetí harmonické složce kmitání hlavně především ve vertikální rovině z důvodu působení gravitační síly. První a druhá harmonická složka kmitala na frekvenci 74,05 Hz a 74,18 Hz, což odpovídá periodám 13,5 ms a 13,48 ms, což je přibližně 10krát déle než čas, za který střela dosáhne ústí hlavně. Tyto dvě složky tedy ovlivňují přesnost střelby jen minimálně. Ovšem třetí harmonická složka kmitá na frekvenci 396,7 Hz (vizualizováno na obrázku níže), tedy v periodě 2,51 ms, což je přibližně dvojnásobek doby pohybu střely v hlavni. Program Quickload vypočítal doby pohybu střely v hlavni 1,34 ms u nejpomalejší sady (se sníženou prachovou náplní) a 1,24 ms u sady s nejvyšší počáteční rychlostí (s použitou nábojnicí).

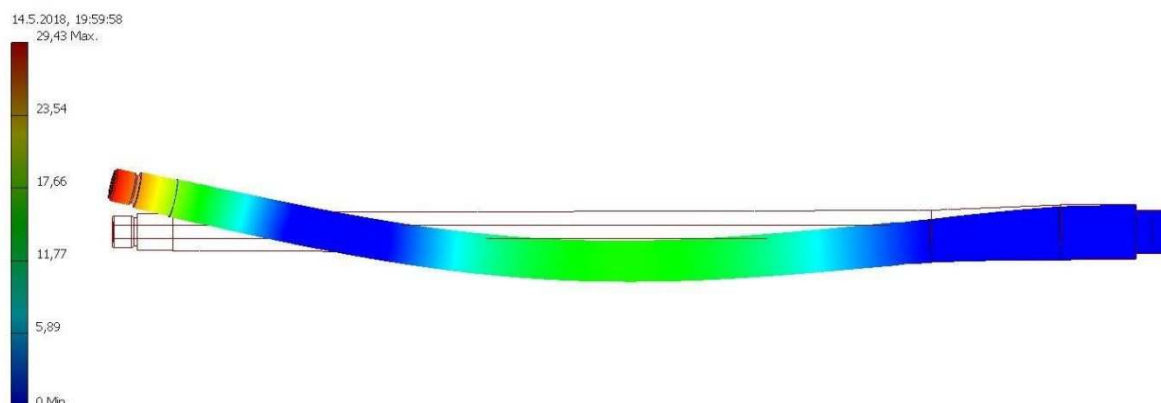
Amplituda kmitání nastává v polovině periody kmitů čili v čase 1,255 ms. Nejrychlejší sada nábojů tedy opustila hlaveň těsně před dosažením maximální úhlové výchylky ústí hlavně, a naopak nejpomalejší sada v době, kdy se hlaveň opět napřimuje do původní pozice.

Nutno dodat, že hlaveň není před výstřelem zcela rovná. Chová se jako vetknutý nosník a vlivem gravitace je mírně prohnutá ústím směrem zemi. Při výstřelu, jak se střela pohybuje směrem k ústí, má hlaveň tendenci se vlivem působícího tlaku za střelou napřimovat což vybudí vlastní kmitání ve vertikálním směru. Střela, která dorazí k ústí

hlavně dříve ji tedy opouští pod menším úhlem náměru, zatímco pomalejší střela pod větším.

Tento rozdíl v čase, kdy střela opouští hlaveň tedy mohl způsobit vertikální posun SBZ. Vertikální korekční točítka na optickém zaměřovači bylo nastaveno na střelbu s náboji se sníženou prachovou náplní, jak bylo zdůvodněno v předchozí podkapitole. S narůstající vzdáleností význam odchylky správnosti nástřelu, způsobené kmitáním hlavně klesá. Pomalejší střela, která opouští hlaveň pod vyšším úhlem náměru, bude ztrácet kinetickou energii (a tím také výšku) rychleji, než střela s vyšší počáteční rychlostí, čímž se vertikální posun SBZ s narůstající vzdáleností kompenzuje.

Hlaveň při výstřelu kmitá i v horizontálním směru, ale z naměřených dat není patrná přímá závislost horizontálního posunu SBZ na počáteční rychlosti. Použitá kulovnice má pravotočivý vývrt. Výrazný horizontální posuv SBZ u série se sníženou prachovou náplní by tedy mohl být způsoben vlivem derivace střely.



Obr. 15: Vizualizace třetí harmonické složky vertikálního kmitání hlavně.

7.11 Závěr

Experimentem byly demonstrovány vlivy vybraných konstrukčních parametrů náboje .308 Winchester na počáteční rychlost střely a na rozptyl v terči ve vzdálenosti 100 m. Na základě naměřených hodnot byly stanoveny opravové koeficienty l_{c0} , l_{mq} a l_{ω} , z nichž můžeme sestavit částečný přibližný vzorec oprav pro počáteční rychlost:

$$\frac{dv_0}{v_0} = 1,63 \frac{d\omega}{\omega} - 0,29 \frac{dm_q}{m_q} - 0,038 \frac{dc_0}{c_0}$$

Byly změřeny a vyhodnoceny absolutní i poměrné změny seskupenosti zásahů v terči a stanoveny hypotézy o důvodech těchto změn. Nejlepší seskupenost zásahů byla

v terči při snížené výmetné náplni, naopak nejhorší byla zaznamenána při použití střeliva s hlouběji zalisovanou střelou.

Byly analyzovány posuny středního bodu zásahu a stanoveny hypotézy o příčině jejich posouvání. Nejlepší správnost zásahu byla u série se střelou s jiným balistickým koeficientem, naopak nejhorší opět u střeliva s hlouběji zalisovanou střelou. Zlepšení správnosti spočívá v prosté stranové a výškové korekci optického zaměřovače.

8 Závěr

Náboj .308 Winchester zaznamenal za dobu svojí existence mnoho význačných změn, které vedly k tomu, že je dnes jedním nejrozšířenějších a nejuniverzálnějších nábojů jak v civilním, tak i vojenském sektoru.

Vzrůstající obliba přebíjení vlastního střeliva mezi střeleckou komunitou klade vyšší nároky na teoretickou základnu a povědomí o této problematice z bezpečnostního, technického i právního hlediska. Jedním z výstupů této práce je shrnutí základních znalostí ze všech těchto oblastí a může sloužit jako rozcestník pro další individuální zdokonalování.

Střelecký experiment přinesl velice zajímavé výsledky a poukázal na možnosti aplikace znalostí balistiky a konstrukce zbraní a střeliva na jeho vyhodnocování. Některé konstrukční aspekty se projevily naprosto odlišně, než jak se ve střelecké veřejnosti traduje a často platí za dogma. Pro analyzování některých výsledků bylo nutné jít hlouběji do problematiky, což postupně odhalovalo další možnosti objasnění výstupů a ukázalo, jak komplexní vědní obor je balistika a konstrukce zbraní a střeliva.

Seznam použité literatury

- [1] KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 2. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3773-4.
- [2] KOMENDA, Jan, Roman VÍTEK a Martin RYDLO. *Vnější balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 2. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3772-7.
- [3] BEER, Stanislav, Bohumil PLÍHAL, Luděk JEDLIČKA a Roman VÍTEK. *Vnitřní balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 2. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3771-0.
- [4] MACCAR, David. The .308 Winchester: A Brief History. *Range365* [online]. New York: Bonnier Corporation, 2017, July 24, 2017 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://www.range365.com/308-winchester-762-nato>
- [5] EWING, Mel. History of the M118 Ammunition. *Sniper central* [online]. Victor, MT: Ewing, 2014 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.snipercentral.com/history-m118-ammunition/>
- [6] Inspecting Your Brass: What Case Flaws Reveal. *Accurateshooter.com* [online]. USA: Accurateshooter.com, 2017, March 3rd, 2017 [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://bulletin accurateshooter.com/2017/03/inspecting-your-brass-what-case-flaws-reveal/>
- [7] Barrel Tuner Vibration Analysis: Effects of tuner adjustments on vibration frequency and the shift in barrel node points. *Varmint Al's* [online]. 8.2.2013 [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.varmintal.com/atune.htm>
- [8] *Reloading & load data guide edition 6.0* [online]. Miles City: Western Powders, 2016 [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: http://www accuratepowder.com/wp-content/uploads/2010/09/WesternLoadGuide1-2016_Web-1.pdf
- [4] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu a o změně zákona č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o změně zákona č. 288/1995 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o střelných zbraních), ve znění zákona č. 13/1998 Sb., a zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, (zákon o zbraních). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 28. 1. 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-119>
- [5] ČESKÁ REPUBLIKA. Část 1 zákona č. 229/2016 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních), ve znění pozdějších

předpisů, a další související zákony. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 28. 1. 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-229#cast1>

[6] ČESKÁ REPUBLIKA. Nařízení vlády č. 217/2017 Sb., o požadavcích na zabezpečení zbraní, střeliva, černého loveckého prachu, bezdýmného prachu a zápalek a o muničním skladišti. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2018 [cit. 28. 1. 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-217>

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu práce panu doc. Ing. Janu Komendovi, CSc. za cenné připomínky a rady při psaní této práce a také za přímý a seriózní přístup k hodnocení mé osoby jak v rámci psaní bakalářské práce, tak i v rámci předchozího studia a zkoušení.